



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Tecnología Electrónica

TRABAJO FIN DE GRADO

Desarrollo de una ayuda técnica para alumnos del colegio San Rafael (5): Cuentacuentos interactivo (I)

Autor: Gonzalo Guzmán Martín Martín

Tutor: Ricardo Vergaz Benito

Leganés, 29 de Agosto de 2012

Título: DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL
COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

Autor: GONZALO GUZMAN MARTÍN

Director: RICARDO VERGAZ BENITO

EL TRIBUNAL

Presidente: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Realizado el acto de defensa y lectura del Trabajo Fin de Grado el día __ de _____ de 20__ en
Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda
otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Agradecimientos

En primer lugar quiero dar gracias a mi familia sin la cual no estaría aquí dando gracias por haber terminado, sin su apoyo y comprensión esto no habría sido posible, en especial a mi padre y mi tío por las lecciones de carpintería que tanto me han ayudado.

También quiero agradecer a mis amigos, tanto los de toda la vida como los que he conocido en la universidad, por calmarme cuando las cosas no salían, por ofrecerme un nuevo punto de vista o simplemente un “mañana será otro día mejor”. A todos los que han estado ahí aguantando la chapa de cómo iba a hacer esto o aquello, que cómo les parecía que siguiera. Tengo también que acordarme de todos aquellos que se alegraron cuando el trabajo empezó a rodar, cuando todo empezó a funcionar. En especial acordarme de María por ponerle voz a la lección.

Le doy también las gracias a Juan Carlos por su ayuda para programar el microprocesador, por no llamarnos pesados tanto a mi compañero como a mí por nuestra insistencia, sino aportar buenas soluciones siempre que se le pidió algo.

Mi agradecimiento también para Jesús, compañero del laboratorio, que ha contribuido a hacer las tardes de verano en el laboratorio más divertidas. Nos hemos ayudado mutuamente en nuestros trabajos aportando ideas, conocimientos y soluciones de manera que todo ha sido mucho más fácil.

Dar la gracias al departamento de robótica, especialmente a Juan Valero por dejarnos usar la impresora 3D para imprimir las piezas, gracias por respondernos a las miles de dudas que había acerca del uso de la impresora, de dónde comprar el plástico, y de cómo hacer que este fuera más económico.

No me puedo olvidar del personal del Colegio San Rafael: Javi, Jessy y Raquel nos trataron genial tanto a mi compañero como a mí desde la primera visita, exponiendo claramente qué es lo que querían hacer, respondiendo rápidamente a todas las dudas acerca de cómo facilitar el uso de nuestro trabajo por los niños, dejándonos total libertad, interesándose por cómo funcionaba internamente, y sin impacientarse a pesar de las ganas de verlo terminado.

Tengo también que dar las gracias a mi compañero en este trabajo, Luisja, juntos hemos acabado por fin lo que nos habíamos propuesto, apoyándonos el uno al otro cuando algo no funcionaba, alegrándonos cuando las cosas comenzaban a trabajar.

Finalmente agradecer a Ricardo, mi tutor, por la idea de un trabajo con una utilidad como esta, ayudar a niños discapacitados, dar las gracias por sacar tiempo de donde no lo hay para poder resolver las dudas que nos iban surgiendo, por no presionar para que el trabajo estuviera acabado y por aportar soluciones cuando no sabíamos como continuar

Por si me dejo a alguien ¡¡MUCHAS GRACIAS A TODOS!!

Resumen

Este Trabajo Fin de Grado diseña una ayuda técnica para alumnos del colegio del Hospital san Rafael, niños con diferentes grados de discapacidad. A través del refuerzo de la relación causa-efecto, un cuento interactivo servirá como excusa para aumentar sus habilidades cognitivas y de relación con el entorno. Este trabajo forma parte de una pareja: aquí se diseña la ayuda, y se implementa en el Trabajo de Luis Javier Martínez Belotto, si bien las memorias se presentan por separado a fin de mostrar ordenadamente el proceso de creación de un trabajo que ha sido realizado en una estrecha labor de equipo.

Esta ayuda, en adelante lector, se ha diseñado en todo momento pensando en el usuario que va a utilizar dicho lector. El dispositivo consta de tres partes: una lección o cuento que se proyecta, una serie de piezas en las que se incluye un pictograma diferente en cada una y una base o lector donde se irán depositando las piezas. Su funcionamiento es muy simple, se proyecta un cuento o lección a los alumnos del colegio en la que se les hace una pregunta cuya respuesta es una de las piezas que tienen para escoger: si la pieza que eligen es la adecuada la lección continúa, en caso contrario se les vuelve a preguntar hasta que el alumno elija la pieza correcta.

Al tratarse de piezas que no se conectan en ningún momento al lector, necesitamos una forma de comunicación entre estas y el lector de manera inalámbrica, lo cual se ha conseguido gracias al uso de la tecnología RFID, que nos permite enviar información de la pieza escogida gracias a la tarjeta RFID pasiva alojada en el interior de la pieza. Además de las tarjetas de cada una de las piezas nos hace falta un lector que reciba la información almacenada en las tarjetas a la vez que las alimente. Por último, es necesario procesar dicha información por medio de un microprocesador para establecer si es la pieza correcta, y tanto si es la correcta o no, se le informa al personal a cargo de los alumnos para que la lección continúe o siga en el mismo punto.

El lector es el encargado de interpretar qué pieza es la elegida e identificarla de manera que se pueda establecer si es la correcta o no. Para ello primero se encarga de alimentar correctamente a las tarjetas para poder recibir de forma adecuada la información almacenada en ellas, que sirve para identificar cada una de las piezas para su posterior tratamiento y procesamiento. El sistema por tanto, consta de una primera etapa que alimenta y recibe la información de las tarjetas, una segunda etapa que se encarga de acondicionar la información y una tercera etapa que se encarga de procesar la información por medio de un microprocesador.

Aparte de la electrónica del sistema se han tenido en cuenta otra serie de aspectos importantes para el uso satisfactorio del dispositivo, por un lado el lector está alojado en una caja de madera en la que se marca de forma clara la zona donde han de depositarse las piezas, esta zona corresponde a la zona donde se encuentra la antena del lector. Por otro lado, las piezas tienen que satisfacer dos compromisos, que sean lo suficientemente grandes para que el pictograma que sirve de respuesta sea perfectamente identificable y además han de ser lo suficientemente ergonómicas para que se agarren con facilidad.

Palabras clave: ayuda técnica, discapacidad mental, discapacidad motora, RFID, tarjeta, lector, impresora 3D, microcontrolador, pictogramas, interacción causa-efecto.

Abstract

This Final Project designed a technical assistance for students of the school of San Rafael Hospital, children with different degrees of disability. Through the strengthening of cause and effect, an interactive story will serve as an excuse to increase their cognitive skills and relationship with the environment. This work is part of a team: the designs, and its implementation in the work of Luis Javier Martinez Belotto, although the reports are presented separately in order to show the process of creation, a work that have been done as teamwork.

This assistance, from now on reader, has been designed with the user of the reader in mind. The device consists of three parts: a lesson or story that will be projecting a series of pieces in which a different pictogram is included in each one, and a reader base or where they will deposit the pieces. Its operation is very simple, projecting a story or lesson to the students of the school in which they are asked a question whose answer is one of the pieces that have to choose, if the piece they choose is right, the lesson can continue. Otherwise they would be asked again until the student chooses the right piece.

Being pieces that do not connect in any moment to the reader, we need a way of communication between them and the reader wirelessly, which we have achieved through the use of RFID technology, which allows us to send part of the information chosen by the passive RFID card housed inside the work piece. Apart from the cards, each piece needs a reader that receives the information stored on the cards while is powered. Finally, this information needs to be processed by a microprocessor to determine if the piece is correct, and whether it is correct or not, being informed by staff to students to continue or follow the lesson in the same point.

The reader is responsible for interpreting that the piece is chosen and identifying it so it can be determined if it is correct or not. For this, in the first place is responsible for feeding the cards correctly so they receive properly the information stored in them, used to identify each piece for further treatment and processing. The system therefore comprises a first stage that feeds and receives the information from the card, a second stage which is responsible for conditioning information and a third stage which is responsible for information processing by means of a microprocessor.

Apart from the electronics of the system it had been taken into account a number of other important aspects for the satisfactory use of the device. On one hand the reader is housed in a wooden box in which clearly mark the area where the pieces must be deposited. This area corresponds to the area of the antenna reader. On the other hand, the parts must have two commitments, being large enough to include the response pictogram and ergonomic enough to be easily carried.

Keywords: technical, mental disabilities, physical disabilities, RFID card reader, 3D printer, microcontroller, pictograms, cause and effect interaction

Índice general

1. AGRADECIMIENTOS	III
2. RESUMEN	IV
3. ABSTRACT.....	V
4. ÍNDICE GENERAL.....	VI
5. ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
6. ÍNDICE DE ESQUEMÁTICOS.....	10
7. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	11
1.1 Introducción	11
1.2 Objetivos	12
1.3 Fases del desarrollo	13
1.4 Medios empleados	15
1.5 Estructura de la memoria	16
8. CAPÍTULO 2. DISEÑO DEL SISTEMA.....	17
2.1 Diseño mecánico.	17
2.2.1 Impresora 3D.....	17
2.2.2 Reuniones con el Colegio	18
2.2.3 Diseño Pieza Interactiva.....	21
2.2.4 Caja del lector.....	25
2.2 Diseño Electrónico	27
2.2.1 Funcionamiento y evolución del sistema	27
2.2.2 Tarjetas RFID.....	31
2.2.3 Lector	34
2.2.4 Microprocesador	47
2.2.5 Diseño final	50
9. CAPÍTULO 3. DISEÑO DE LA LECCIÓN: INTERFAZ CON EL ALUMNO.....	52
10. CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	56

11. CAPÍTULO 5. PRESUPUESTO.....	57
5.1 Coste del material	57
5.2 Coste de personal	58
12. CAPÍTULO 6. GLOSARIO	60
13. CAPÍTULO 7. REFERENCIAS.....	61
14. ANEXO 1. PROGRAMACIÓN PIEZAS INTERACTIVAS.....	62
Pieza Interactiva 1	62
Pieza Interactiva 2.....	62
Pieza Interactiva 3	63
Base	63
Pomo Prisma.....	64
Pomo Semiesfera	64
15. ANEXO 2. DESPIECE DE LA CAJA DEL LECTOR	65
Base	65
Lateral Izquierdo	66
Lateral Derecho.....	67
Lado Frontal	68
Lado Posterior	69
Cubreantena	70
Tapa	71
Volumétrica explotada	72

Índice de figuras

Figura 1. Colegio San Rafael	11
Figura 2. Desglose de tiempos de ejecución	14
Figura 3. Impresora 3D	17
Figura 4. Prototipo 1	19
Figura 5. Prototipo 2	20
Figura 6. Montaje de una pieza interactiva	21
Figura 7. Pieza interactiva 1	22
Figura 8. Pieza interactiva 2	22
Figura 9. Pieza interactiva 3	23
Figura 10. Base	23
Figura 11. Pomo Prisma	24
Figura 12. Pieza interactiva 3 con pomo prisma	24
Figura 13. Pomo semiesfera.....	24
Figura 14. Pieza interactiva 3 con pomo semiesfera.....	24
Figura 15. Vista 3D del lector	25
Figura 16. Vista explotada del lector	26
Figura 17. Diagrama de bloques.....	27
Figura 18. Diagrama de Flujo	30
Figura 19. Esquema de funcionamiento de un sistema RFID [2, 3]	31
Figura 20. Modulación ASK	33
Figura 21. Modulación FSK.....	33
Figura 22. Codificación Manchester [2]	34
Figura 23. Oscilador.....	35
Figura 24. Comparador, Divisor y Buffer	36
Figura 25. Sumador inversor.....	37
Figura 26. Filtro paso bajo	39

Figura 27. Amplificador no inversor I	40
Figura 28. Antena	41
Figura 29. Detector de envolvente.....	43
Figura 30. Restador inversor	44
Figura 31. Amplificador no inversor II	45
Figura 32. Comparador y divisor	46
Figura 33. Adaptador de base toolstick	47
Figura 34. Tarjeta C8051F330	48
Figura 35. Pantalla I	52
Figura 36. Pantalla II	52
Figura 37. Pantalla III	52
Figura 38. Pantalla IV.....	52
Figura 39. Pantalla V.....	53
Figura 40. Pantalla VI.....	53
Figura 41. Pantalla VII	53
Figura 42. Diagrama de flujo Flash	53
Figura 43. Piezas interactivas con los pictos	55
Figura 44. Identificación de las piezas	55

Índice de esquemáticos

Esquemático 1. Filtros MFB y Butterworth	28
Esquemático 2. Oscilador	35
Esquemático 3. Comparador, divisor y buffer	36
Esquemático 4. Sumador inversor	37
Esquemático 5. Filtro paso bajo	38
Esquemático 6. Amplificador no inversor I	39
Esquemático 7. Antena	41
Esquemático 8. Detector de envolvente	42
Esquemático 9. Restador inversor.....	44
Esquemático 10. Amplificador no inversor II	45
Esquemático 11. Comparador y divisor	46
Esquemático 12. Circuito 1	¡Error! Marcador no definido.
Esquemático 13. Circuito 2	50
Esquemático 14. Circuito 3	51

Capítulo 1. Introducción y objetivos

1.1 Introducción

El trabajo a desarrollar a continuación surge como continuación de la relación existente entre el Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas de la universidad Carlos III y el colegio del Hospital San Rafael, con el que ya había colaborado en ocasiones anteriores para desarrollar ayudas y dispositivos que faciliten la vida tanto a los alumnos como al personal del colegio.

El colegio de educación especial Hospital San Rafael se trata de un colegio cuyos alumnos son niños con serias dificultades motoras y cognitivas en el que se abarca un tratamiento completo tanto a nivel pedagógico como motriz de comunicación, salud, alimentación, etc. El centro se organiza en torno a tres grupos de trabajo:

- Educación infantil para niños de entre 3 y 6 años.
- Educación básica obligatoria para alumnos de entre 6 y 16 años.
- Transición para la vida adulta para alumnos entre 16 y 21 años.



Figura 1. Colegio San Rafael

En dicho colegio se trata con alumnos de toda clase de dolencias desde parálisis cerebral a enfermedades degenerativas de todo tipo de índole consideradas como “Enfermedades raras”. A pesar de las dificultades de los niños debidas a sus diversos problemas, consiguen en gran manera superarlas gracias a la ayuda del personal del centro, siendo este personal de todo tipo, desde profesores de educación especial a terapeutas pasando por psicólogos y logopedas.

Con todo lo anterior y sobre todo por el interés y esfuerzo que demuestran con estos niños, surge la idea de ayudar y aportar nuestro granito de arena en este gran proyecto que es ayudar a estos niños. Centrándonos en nuestro trabajo, surge ante la idea del personal del centro crear un dispositivo que sirviera como apoyo para las actividades de los alumnos tanto desde el punto

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

de vista de adquirir conocimientos por medio de lecciones, como desde un punto de vista mucho más lúdico haciendo a los niños partícipes de la narración de sus cuentos favoritos.

Hasta el momento de empezar este trabajo, el centro utilizaba los típicos juegos de encajables en los que los niños debían introducir la pieza correcta en el orificio adecuado. Dadas las dificultades motoras de alguno de estos niños, en ocasiones se volvía imposible la utilización de este tipo de juegos. Otra de las pegas que tenían los encajables es que había que ceñirse a lo que el creador del juguete había establecido como resultado del juego, que en muchos casos no era lo que estos niños necesitaban. Por último, estos niños responden bastante bien a la estimulación acústica, por lo que era un factor bastante importante que se podía utilizar, pero que no se hacía.

Con todos estos antecedentes el colegio se puso en contacto con el grupo de investigación anteriormente citado y en concreto con Ricardo Vergaz, para pedirle ayuda en la ejecución de su idea de crear una tableta (diferénciese este uso tradicional de la palabra tableta respecto al de los modernos terminales llamados de igual modo) que sirviera como apoyo en el aprendizaje de los alumnos.

1.2 Objetivos

El objetivo fundamental de este trabajo es el diseño y la construcción de una ayuda técnica que sirva tanto de juguete como de ayuda al aprendizaje a los alumnos del Colegio San Rafael, potenciando el desarrollo de sus capacidades tanto motoras como intelectuales.

Básicamente, el dispositivo consta de unas piezas con un pictograma, o representación pictórica de una idea (también llamada simplemente *picto*), y una base donde se irán acercando las piezas anteriores. Para el desarrollo de la actividad se irán proyectando escenas del cuento o lección según convenga. La idea es que la proyección avance a medida que el alumno acerque la pieza adecuada. Como se deduce, a fin de no restringirse a alumnos con capacidades motoras más desarrolladas, un requisito del diseño es que baste que el usuario acerque la pieza.

Este dispositivo debe cumplir una serie de especificaciones de diseño, que han sido acordadas con el personal del Colegio. Se han seguido las directrices del Diseño para Todos, contando especialmente con los cuidadores del centro en todas las fases de diseño y desarrollo del trabajo. Estas especificaciones se refieren a aspectos de tamaño, funcionalidad y temática.

Concretando los objetivos, estos fueron:

Objetivo 1.

Las piezas han de ser *universales* ya que se utilizarán para distintos cuentos o lecciones, por lo que la información de interés de cara a su reconocimiento será la numeración con la que se las etiquetará para facilitar su identificación y modificación al personal del centro.

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

Objetivo 2.

Las piezas deben cumplir un tamaño y una forma que facilite la interacción de los alumnos con ellas. Suficientemente grandes para que el picto sea legible por los alumnos con dificultades visuales y además, suficientemente ergonómicas para facilitar el manejo a los alumnos con discapacidades motoras.

Objetivo 3.

La detección de las piezas se ha de hacer mediante un sistema inalámbrico.

Objetivo 4.

El lector ha de tener un tamaño adecuado acorde con el tamaño de las piezas.

Objetivo 5.

El lector debe tener algún medio de comunicación con los ordenadores del centro, para poder proyectar el cuento o lección. Luego debe ser compatible con la tecnología del centro, y a poder ser utilizar Software libre a fin de anular los costes para el mismo.

Objetivo 6.

El dispositivo en conjunto debe cumplir con los principios del “Diseño para todos”, es decir, realizar un dispositivo que pueda ser utilizado por el mayor número posible de personas, sin necesidad de adaptaciones o modificaciones.

Objetivo 7.

La lección se tiene que adaptar a las necesidades de los alumnos. Tanto respecto a los conocimientos y contenidos que se impartirán como en la manera de ser transmitidos, textos concisos acompañados de imágenes y sonido.

1.3 Fases del desarrollo

Podemos distinguir claramente cuatro fases en el desarrollo del trabajo:

- **Definición de objetivos.** Fue necesario realizar un estudio de las necesidades del trabajo y de las posibles soluciones de desarrollo.
- **Reuniones con el Colegio.** Adecuar los objetivos con las necesidades y especificaciones del Colegio.
- **Diseño del sistema.** Una vez conocidas las necesidades del sistema y definidas las especificaciones del dispositivo se realizó tanto el diseño electrónico como el mecánico.
- **Búsqueda de componentes.** Encontrar cada uno de los elementos necesarios que componen nuestro dispositivo.

**DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)**

- **Implementación y pruebas.** Finalizado el diseño y conociendo los elementos requeridos, se procede al montaje de los circuitos eléctricos en el laboratorio. Y posteriormente la verificación y arreglo de los fallos que fueron surgiendo.
Estos dos últimos puntos se muestran específicamente en la memoria de Luis Javier Martínez Belotto [5].
- **Documentación.** Recopilación de información, ensayos y diseños para la redacción del documento de la memoria.

El diagrama de Gantt de la figura 2 representa cada una de las fases descritas, detallando el tiempo empleado para cada una. Este tiempo incluye el trabajo de ambos, tanto de mi compañero Luis Javier como el mío.

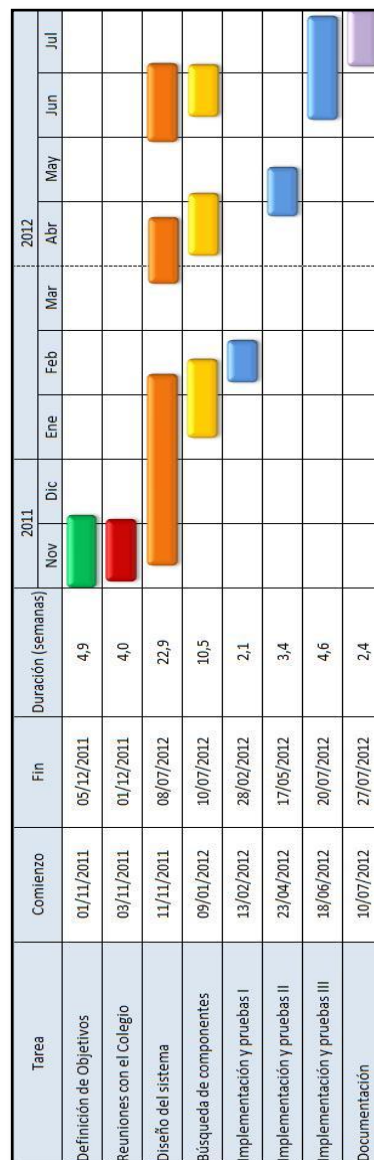


Figura 2. Desglose de tiempos de ejecución

La parte de mi trabajo se corresponde con el diseño del dispositivo, luego a este pertenecen tanto los tres periodos de diseño del sistema como el de reuniones con el centro, definición de objetivos y documentación. Cabe destacar que tanto en el diseño como la implementación el trabajo se ha realizado de forma conjunta.

1.4 Medios empleados

Los medios que han sido empleados para la realización del trabajo se exponen a continuación:

Software

- Orcad. Se trata de un software ampliamente utilizado para el diseño de circuitos electrónicos. Consta de dos bloques básicos: una herramienta para la simulación del comportamiento del circuito electrónico y otra para el diseño de placas en circuito impreso. Con él se han realizado tanto las simulaciones de los circuitos como las PCBs para su implementación.
- Matlab. Se ha utilizado para realizar cálculos teóricos y algunas simulaciones realizadas para el diseño.
- OpenSCAD. Es una herramienta CAD de software libre para la creación de objetos sólidos en 3D. Con él se han diseñado las piezas interactivas.
- ReplicatorG. Se trata del software utilizado para poder imprimir los diseños generados en open scad en las impresoras 3D. Con él se han impreso las piezas interactivas
- Autocad. Es un programa de diseño asistido por ordenador para dibujos en dos y tres dimensiones. Se ha utilizado para los planos de la caja del lector.
- Rhinoceros. Se trata de una herramienta para el modelado en tres dimensiones basado en NURBS (modelo matemático para representar y generar curvas y superficies). Se ha utilizado para el diseño 3D de la caja del lector.
- Adobe Flash Professional CS6. Se ha utilizado para crear la lección en formato flash.
- SoundForge Pro. Se ha utilizado para cambiar el formato de los clips de audio necesarios para la presentación flash.

La construcción de este trabajo se ha llevado a cabo en dos laboratorios de la Universidad Carlos III:

- Laboratorio de soldadura y taladro. En este lugar se ha realizado el taladro de cada una de las 4 placas utilizadas.
- Laboratorio de trabajo del Grupo de Displays y Aplicaciones Fótónicas del departamento de Tecnología Electrónica (GDAF-UC3M). Este ha sido el lugar donde se ha construido y diseñado.

1.5 Estructura de la memoria

Para facilitar la lectura de la memoria, se incluye a continuación un breve resumen de cada capítulo restante.

- Capítulo 2: Se realiza una explicación detallada de todo el diseño, tanto del soporte físico donde va a ir alojado el dispositivo y de las tarjetas interactivas, como del diseño electrónico del propio dispositivo. También se realiza un resumen de las reuniones con los pedagogos del colegio
- Capítulo 3: Incluye un ejemplo de lección para la que se ha ideado el lector, se detallan todas la pantallas que irán apareciendo a lo largo de la lección, así como los posibles caminos que puede tomar.
- Capítulo 4: Evaluación de lo que ha sido el trabajo comentando posibles mejoras y vías de desarrollo posteriores.
- Capítulo 5: Comprende el presupuesto del trabajo, incluyendo tanto los gastos del material para el circuito electrónico y para la caja del lector, como las horas de trabajo dedicadas para el diseño y la implementación del trabajo.
- Capítulo 6: Se introducen una serie de palabras clave para facilitar la lectura del trabajo.
- Capítulo 7: Se mencionan y referencian los libros y artículos consultados para el diseño y elaboración del trabajo.

Capítulo 2. Diseño del sistema

A lo largo de este apartado se irá describiendo el trabajo de diseño en su totalidad desde todos los puntos de vista tanto de la parte mecánica como electrónica. Dentro del diseño mecánico se especificará cómo construir tanto las piezas interactivas como el soporte del lector. Respecto al diseño electrónico se comentará cada uno de los circuitos de los que el lector está compuesto y se hará una descripción detallada y justificada de cada parte de estos circuitos.

2.1 Diseño mecánico.

2.2.1 Impresora 3D

Una impresora 3D (figura 3) es una máquina capaz de realizar impresiones de diseños 3D, realizando piezas o prototipos volumétricos a partir de un diseño con herramientas CAD. En este caso el programa utilizado para el diseño es Openscad, un programa de software libre que permite crear piezas de forma rápida e intuitiva: al tratarse de piezas simples, podemos construirlas como sumas y restas de formas geométricas simples (Cubos, cilindros, esferas,...).

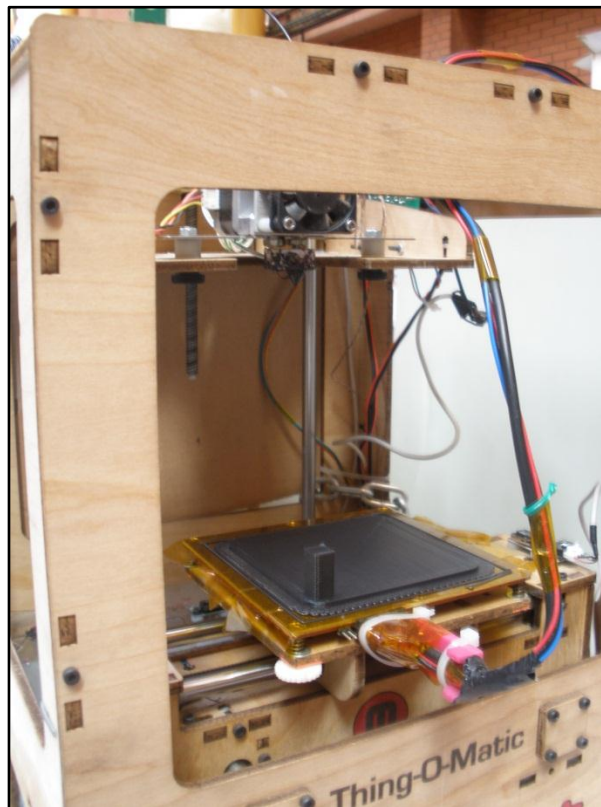


Figura 3. Impresora 3D

La utilización de la impresora 3D ha sido gracias al Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, que nos permitió utilizar tanto su impresora como sus instalaciones para elaborar las piezas necesarias, además nos ofreció todo tipo de información y especificaciones de uso

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

incluyendo un pequeño curso para aprender tanto a diseñar como a utilizar la impresora 3D. Finalmente se utiliza la impresora que recientemente ha adquirido el Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas.

Las especificaciones son las siguientes:

- Conexión USB.
- Tamaño de la impresora: 300mm x 300mm x 400mm (x,y,z).
- Tamaño de la plataforma de impresión: 100mm x 100mm (x,y).
- MOSFETs de alta corriente para manejar el calentador de la plataforma y el extrusor.
- Apoyo termopar para la detección de la temperatura precisa.
- Funciona con 110 V y 220 V.
- Posicionamiento XY: resolución de 0,02 mm.
- Plano XY: avance máximo de hasta 5000mm/minuto.
- Eje Z: resolución de la posición de 0,005 mm.
- Eje Z: Avance de posicionamiento de hasta 1000mm/minuto.
- Capaz de imprimir con plásticos tipo ABS y PLA.

En todo caso para la realización del trabajo no es necesaria tanta precisión en la impresión dado que las piezas son simples y aunque tengan que encajar algunas piezas la impresora es más que precisa.

2.2.2 Reuniones con el Colegio

Para conocer de cerca la necesidad que existía en el Colegio, se realizaron varias visitas en las que nos reuníamos con los pedagogos, terapeutas y personal de ayudas técnicas: Javi, Jessy y Raquel, en las que se concretaron las especificaciones debía cumplir el dispositivo. Esto sigue las directrices del Diseño para Todos, constando la interacción con los usuarios finales o sus cuidadores (que en el fondo son los usuarios indirectos de las ayudas) en todas las fases de diseño.

Primera visita. 3 Noviembre de 2011.

Se parte de una primera visita, que fue la presentación tanto personal como la del trabajo.

Las ideas fundamentales que se plantearon fueron las siguientes:

- El lector de las piezas debe ser una tableta, de aproximadamente el tamaño de un folio, en la cual se deposite la pieza y el lector la reconozca. Dada la movilidad reducida de los niños del colegio, es importante que no haya que encajar la pieza, sino que se deslice hasta la posición de lectura, pues que se encajase ya supondría una dificultad añadida a los alumnos.
- Las piezas interactivas deben poder ser modificadas, es decir que las mismas piezas pueden ser utilizadas en distintos cuentos.
- La duración estimada del cuento/lección es de 5 a 10 minutos.

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

- Flexibilidad para adaptar el dispositivo a distintas aplicaciones para el aprendizaje, que pueda ser utilizado tanto para aprender como para jugar.

Además, se recomienda seguir estrictamente los principios del Diseño para Todos porque de este modo la ayuda técnica abarcará a un mayor rango de discapacidades en futuros pacientes. Así, la ayuda debe ser intuitiva, sencilla de manejar y no necesitando más adaptación ante cualquier tipo de usuario de los presentes en el centro, tolerante a errores, de tamaño y espacio adecuados, e información perceptible fácilmente.

Tras la primera visita, se acordó con los responsables del Colegio diseñar una pieza interactiva y llevarla al Colegio para probarla. En ese momento, la condición era que fuese lo suficientemente grande como para que los alumnos pudieran reconocer el picto, proporcionándose una estimación de 8x8 cm. Por último, en esta primera visita se estableció que los pictos que se fuesen a utilizar deberían sacarse de ARASAAC (Portal Aragonés de la Comunicación Aumentativa y Alternativa) ya que es la fuente que utiliza el centro para el resto de actividades que realiza con pictos.

Segunda visita. 21 Noviembre de 2011.

En esta visita, se llevó el primer prototipo de la pieza interactiva (Figura 4), que se trata de una pieza cuadrada de 90x90x10 mm, formada por dos piezas: una base y una tapa. Esto se diseñó así para pegar la etiqueta de radiofrecuencia en el interior de la tapa y que de esta forma estuviera más protegida. Se le redondearon los bordes para evitar zonas puntiagudas.

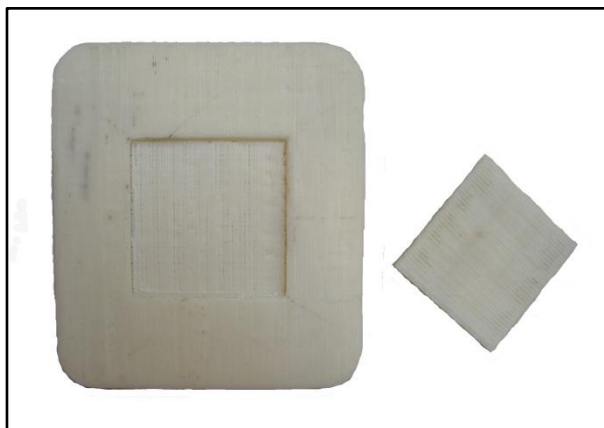


Figura 4. Prototipo 1

En la reunión se trataron los siguientes aspectos:

- El agarre. Los alumnos tienen discapacidad motora y por lo tanto muchos de ellos presentan dificultades de coordinación, fuerza reducida y mala accesibilidad. Tras una prueba con varios de los alumnos resultó que tenían muchas dificultades para coger la pieza, incluso necesitaban la ayuda del cuidador. Por lo tanto, no sirve ese

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

prototipo. Como mejora: crear un marco alrededor de la pieza o colocar un pomo en la misma.

- Las piezas deben ser del mismo color. En el colegio utilizan colores para distinguir entre verbos o sustantivos, por lo que debíamos escoger un color neutral que no creara confusión.

Una vez acabada la reunión, se decidió diseñar otros dos o tres prototipos y volver a reunirse para fijar definitivamente las piezas interactivas.

Tercera visita. 01 Diciembre de 2011.

En esta visita se llevaron 4 modelos nuevos para que pudiesen probar (Figura 5). Semanas después el centro se puso en contacto y consideraron que la mejor solución sería construir el mismo número de piezas de cada modelo, debido a que había varios alumnos que se adaptaban mejor a uno y otros alumnos a otros. Por lo tanto se desarrollaron cuatro piezas de cada modelo.

Estos nuevos modelos conservan las dimensiones del prototipo 1 pero introducen los aspectos tratados en la segunda reunión con el centro, de esta manera las dos piezas de la izquierda de la figura 5 reducen la altura de la pieza e incorporan un pomo que facilita el agarre, la diferencia entre la pieza de arriba y la de abajo es la forma del pomo, cuadrado o esférico. Las piezas de la derecha también reducen la altura de la pieza salvo en los bordes para crear un pequeño saliente que al igual que el pomo facilita el agarre, la principal diferencia entre la de arriba y la de abajo es si el borde es completo o solo en las esquinas. Esta sutil diferencia es importante a la hora del agarre de la pieza ya que había alumnos que le resultaba más cómoda una u otra. En los cuatro prototipos se conserva el sistema de base y tapa para proteger la etiqueta de radiofrecuencia.



Figura 5. Prototipo 2

2.2.3 Diseño Pieza Interactiva

Una vez recibida la aprobación del colegio, se procedió con el diseño final de cada una de las piezas inicialmente prototipadas, a las que fue necesario hacer una serie de modificaciones debido a que las tarjetas utilizadas en el momento de hacer los prototipos fueron sustituidas por otras de un tamaño y espesor superior. Para solucionar este inconveniente, se optó por dividir la pieza en dos partes: una base en la que se fijaría la tarjeta, y una tapa que la cubriría y serviría también para facilitar el agarre, de esta manera se modificó el sistema de base-tapa anteriormente mencionado quedando la pieza partida como a la mitad, en vez de utilizar una pequeña tapa en el centro de la pieza; otra modificación realizada fue rebajar la altura en 2mm debido a que la pieza era demasiado alta. Según lo mencionado anteriormente el montaje se proyecta según lo descrito en la figura 6.



Figura 6. Montaje de una pieza interactiva

Como se mencionó anteriormente, la elección del color era importante para no generar confusión en los niños, y mirando el catálogo de colores del plástico de la impresora 3D se eligió el negro porque era un color neutro, además de fácil de comprar.

Como se ha mencionado anteriormente el programa utilizado para el diseño de cada una de las piezas interactivas es Openscad, utilizándose principalmente seis funciones de dibujo:

- `Cube([x,y,z])`, genera un prisma rectangular con las dimensiones deseadas.
- `Cylinder(h=x,r=y)`, genera un cilindro del radio y altura deseado.
- `Sphere (r=x)`, genera una esfera del radio deseado.
- `Translate([x,y,z])`, traslada la forma geométrica con respecto al origen.
- `Union()`, encargada de sumar las formas geométricas deseadas.
- `Difference()`, encargada de restar a la primera forma la segunda.

Pieza Interactiva 1

Se trata de una pieza cuadrada con los bordes redondeados para aristas en las esquinas, al tener los bordes elevados alrededor de la pieza, se facilita su agarre al poder hacer pinza con el pulgar. Sus dimensiones son 90x90x8 mm con un rebaje de 7 mm de altura en la parte central. Corresponde con la figura 7 y el código que la genera se encuentra dentro del anexo 1 en “Pieza Interactiva 1”.

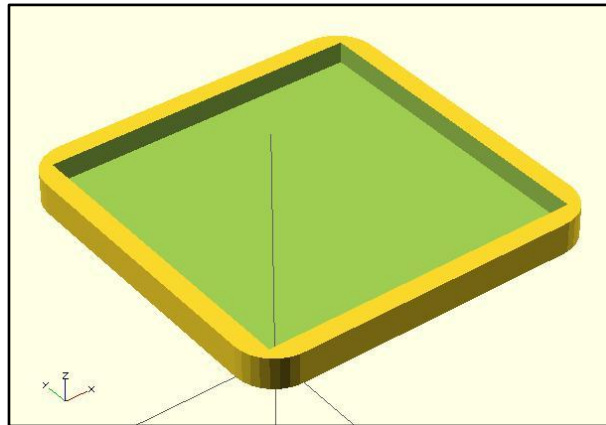


Figura 7. Pieza interactiva 1

Pieza Interactiva 2

Al igual que la pieza 1, se trata de un cuadrado al que se le ha añadido bordes para facilitar el agarre. En este caso, estos bordes solo están en las esquinas debido a que para algunos niños esta opción se ajustaba mejor a sus necesidades. Sus dimensiones son 90x90x8 mm con un rebaje de 7 mm de altura salvo en los bordes de las esquinas. La pieza 2 se corresponde a la figura 8 y el código que la genera se encuentra dentro del anexo 1 en “Pieza Interactiva 2”.

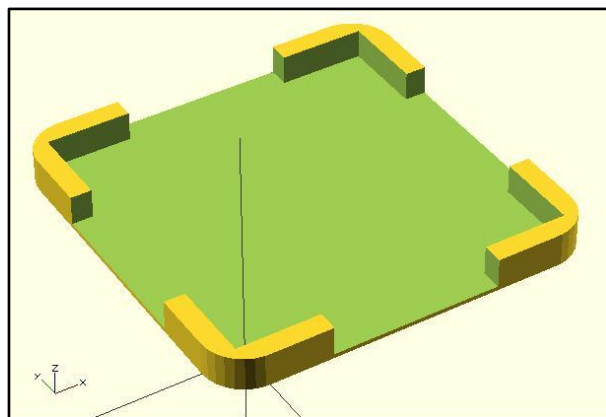


Figura 8. Pieza interactiva 2

Pieza Interactiva 3

En el caso de la pieza 3, se trata de una pieza cuadrada a la que se le añadirá un pomo. Es un diseño bastante diferente del anterior, en el que la intención es que al sobresalir más el pomo, los niños que no fueran capaces de coger la pieza 1 o 2 puedan de esta forma cogerla. En cuanto a sus dimensiones, la base de la pieza es de 90x90x2 mm con un prisma rectangular que servirá de enganche con el pomo de 10x10x20 mm. Se corresponde con la figura 9 y el código que la genera se encuentra dentro del anexo 1 en “Pieza Interactiva 3”.

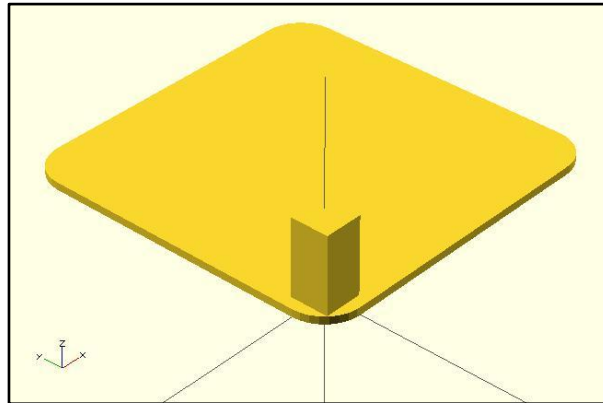


Figura 9. Pieza interactiva 3

Base

Se trata de la base común para todas las piezas anteriores, tiene la misma forma cuadrada que las anteriores pero incluye un rebaje igual a la tarjeta RFID que va a ir alojada en su interior. De esta manera fijar la tarjeta a la pieza se convierte en una tarea solventada, pues posándola encima de la pieza ya quedará encajada. Sus dimensiones son 90x90x3 mm con un rebaje de 2 mm en la zona donde se deposita la tarjeta. La base corresponde con la figura 10 y el código que la genera se encuentra dentro del anexo 1 en “Base”.

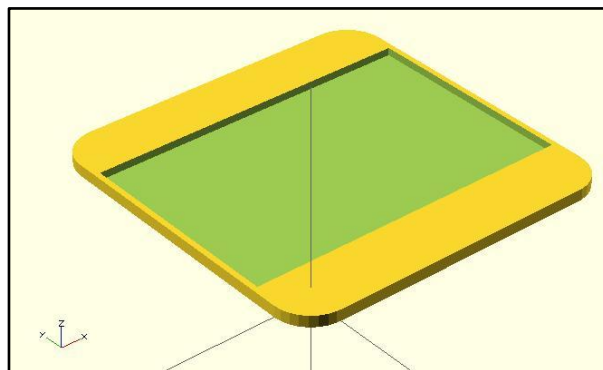


Figura 10. Base

Pomo Prisma

Como se ha mencionado en la pieza tres, a este tipo de pieza se le ha añadido un pomo para facilitar el agarre: en este caso se han realizado distintos diseños para los pomos, un pomo con forma de prisma rectangular, más voluminoso y fácil de agarrar, el pomo corresponde a la figura 11 y el código que lo genera se encuentra dentro del anexo 1 en “*Pomo Prisma*”. Sus dimensiones son 10x10x10 mm con un rebaje en forma de cubo de las dimensiones del prisma de la pieza interactiva 3 con una profundidad de 5mm. La pieza interactiva 3 con su pomo rectangular se aprecian en la figura 12.

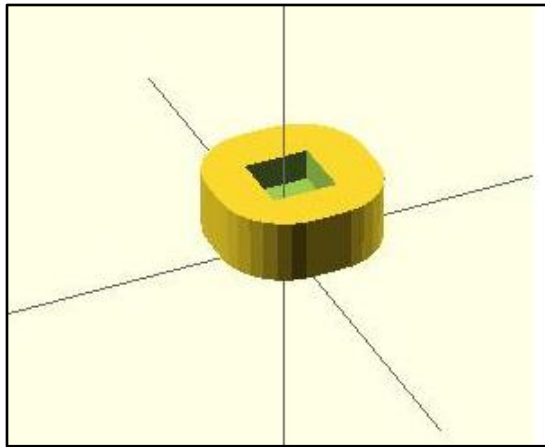


Figura 11. Pomo Prisma

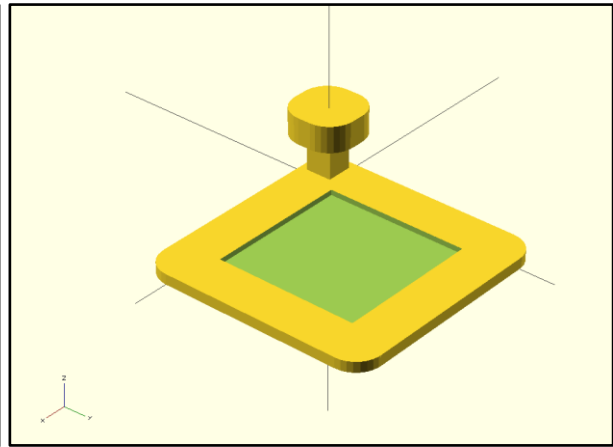


Figura 12. Pieza interactiva 3 con pomo prisma

Pomo Semiesfera

Otra opción para la pieza tres es añadir un pomo con forma de semiesfera, en este caso es menos voluminoso aunque sigue siendo fácil de coger. Se trata de una media esfera de radio 10 mm con un rebaje en forma de cubo de las dimensiones de la pieza interactiva 3 con una profundidad de 5 mm. El pomo corresponde con la figura 13 y el código que la genera se encuentra dentro del anexo 1 en “*Pomo Semiesfera*”. La pieza interactiva tres con el pomo semiesférico aparece completa en la figura 14.

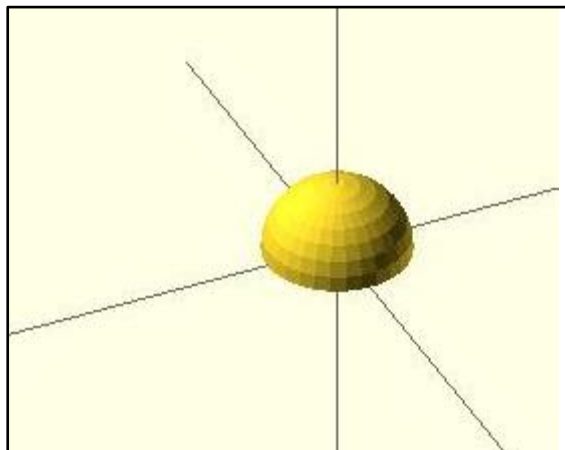


Figura 13. Pomo semiesfera

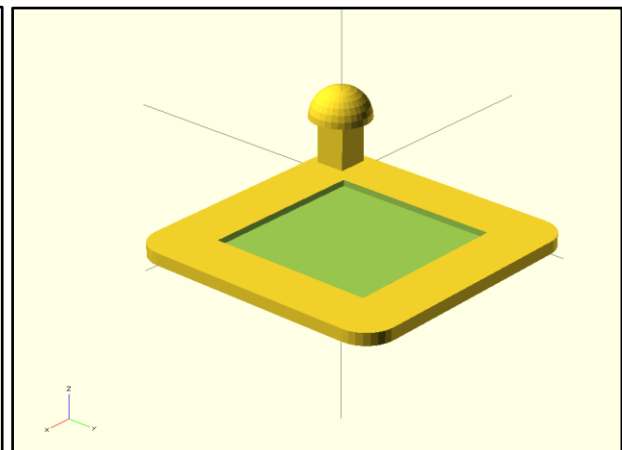


Figura 14. Pieza interactiva 3 con pomo semiesfera

2.2.4 Caja del lector

En cuanto al soporte físico del lector se han tenido una serie de consideraciones para su diseño:

- Tamaño similar a un folio.
- Diseño robusto.
- Fácil montaje.
- Bajo coste.

Cumpliendo todas estas especificaciones se ha realizado un diseño en contrachapado debido principalmente a su bajo coste, y a la facilidad tanto para adquirirlo como para cortarlo y montarlo. Dado que el peso no es un hándicap ya que al tratarse de niños con movilidad reducida habitualmente juegan subidos en su silla de ruedas, la madera de contrachapado proporciona al dispositivo una alta robustez. Cumpliendo con las especificaciones consensuadas con el colegio el lector tiene unas dimensiones de 310x210x40 mm, aproximadamente el tamaño de un folio. También posee una abertura en forma de cuadrado en la tapa de la base de 105 mm para marcar la zona donde las piezas interactivas han de ser depositadas.

Se incluyen en el Anexo 2 los planos de las piezas que conforman la caja del lector y en las figuras 15 y 16 unas vistas del diseño en 3D.

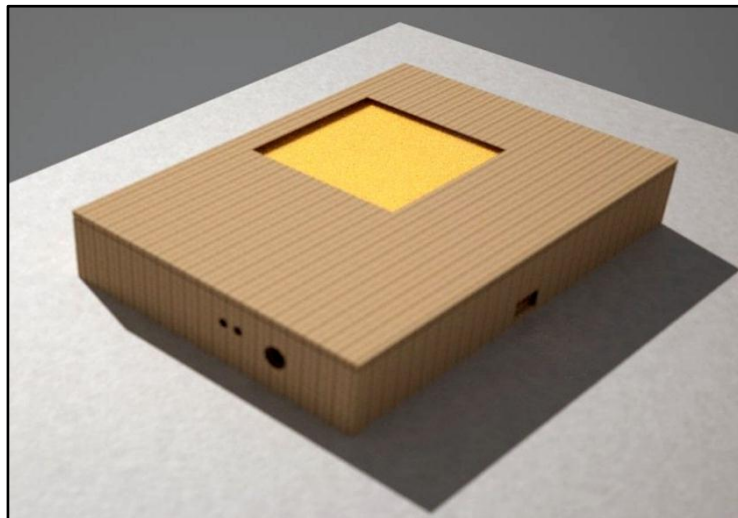


Figura 15. Vista 3D del lector

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

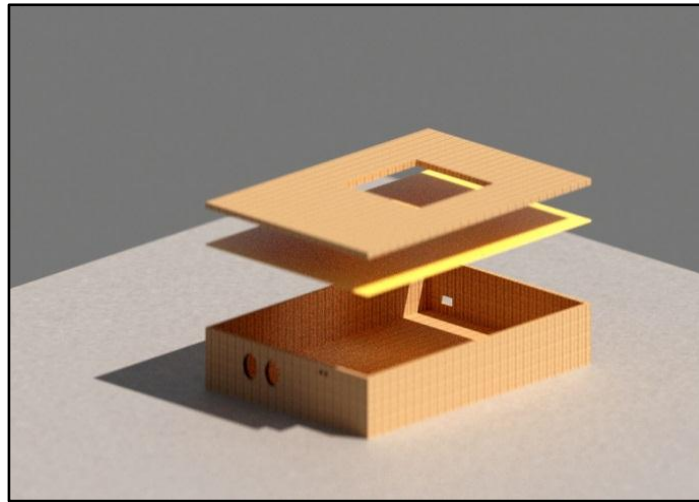


Figura 16. Vista explotada del lector

En la base de la caja del lector se le han añadido dos tiras de velcro para facilitar la sujeción de la caja a la mesa, este sistema se utiliza a veces en el colegio ya que de una forma muy sencilla se evita que los alumnos tiren los objetos al suelo.

2.2 Diseño Electrónico

2.2.1 Funcionamiento y evolución del sistema

A lo largo del desarrollo del trabajo se han producido una serie de cambios sustanciales en el diseño del lector, pudiendo dividirse la realización de este diseño en tres fases como se podía observar en la figura 2 en el diagrama de Gantt descriptivo de la evolución temporal del trabajo:

- Lector de tarjetas RFID con modulación en frecuencia a 13,56 MHz.
- Lector de tarjetas RFID con modulación en frecuencia a 125 kHz.
- Lector de tarjetas RFID con modulación en amplitud a 125 kHz.

El primer diseño se caracterizaba por utilizar tarjetas de 13,56 MHz que modulaban en frecuencia, y el problema que tuvo este diseño y que se comprobó durante la fase de implementación era la alta frecuencia de trabajo, que complicaba en gran manera el circuito. Por un lado, los amplificadores operacionales a frecuencias tan altas funcionaban prácticamente fuera de sus especificaciones, y esto hacía que solo pudieran ser usados en las etapas de filtrado. Otro problema que surgió, fue que no era posible probar el circuito de forma fácil ya que el generador de funciones del laboratorio no era capaz de generar una onda cuadrada de tan alta frecuencia. Además, hubiéramos necesitado un microprocesador mucho más potente y caro dado que la frecuencia de trabajo era muy alta, saliéndose del alcance económico del trabajo dado el ámbito de aplicación al que va destinado.

El segundo diseño utilizaba tarjetas de 125 kHz que modulaban en frecuencia. En un principio el diseño se simplificó sustancialmente al poder usar amplificadores operacionales, haciendo que el diseño y la implementación fueran más rápidos. El problema surgió a la hora de adquirir las tarjetas, pues todos los proveedores que nos las podían suministrar en una cantidad y precio razonable no trabajaban con tarjetas de 125 kHz en modulación en frecuencia, sino que las tarjetas que trabajaban a esa frecuencia se modulaban en amplitud. Esto propició un nuevo cambio de diseño.

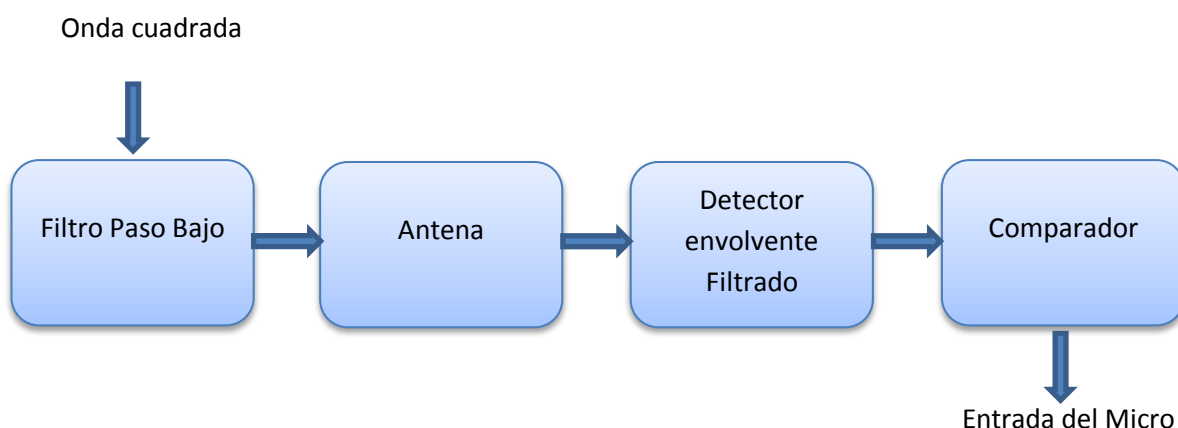
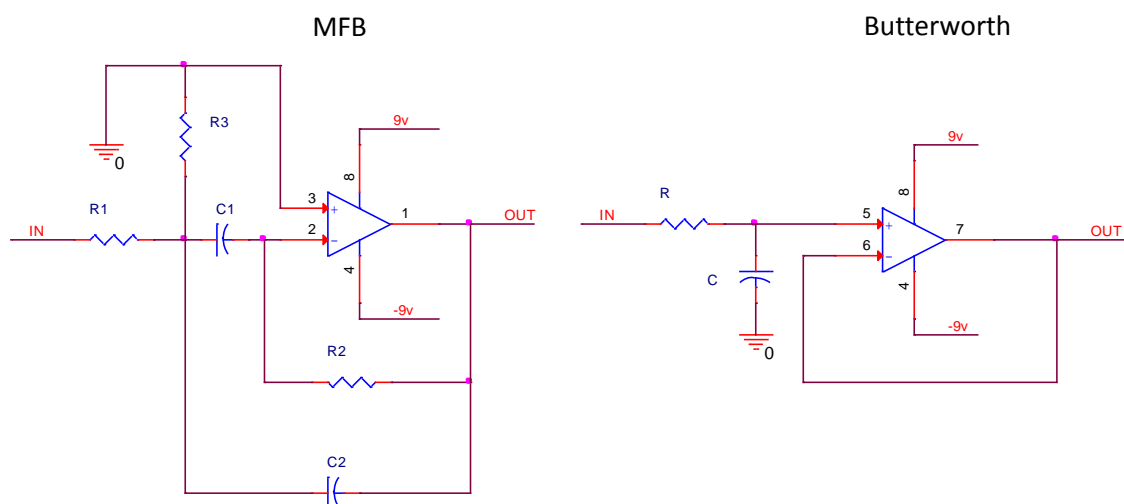


Figura 17. Diagrama de bloques

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

Tanto el primero como el segundo diseño son bastante parecidos en su funcionamiento, el cual se describe en la figura 17, pues tenían como entrada una señal cuadrada de la frecuencia deseada, de 13,56 MHz en el primer caso y de 125 kHz en el segundo, señal que se hacía pasar por un filtro pasivo paso bajo para eliminar los armónicos de alta frecuencia y conseguir una señal senoidal, que tras ser amplificada servía como alimentación de las tarjetas al pasar por la antena. Una vez que las tarjetas eran alimentadas, éstas perturbaban la tensión de la antena añadiendo a la señal portadora (modulando) de 13,56 MHz o 125 kHz un armónico de distinta frecuencia para introducir los ceros y los unos de la información almacenada en la tarjeta, por ejemplo de 12,5 kHz para los unos y de 15,625 kHz para los ceros.

La antena estaba conectada primero a un detector de envolvente y luego a una etapa de filtrado que, mediante el uso de filtros activos MFB paso banda y Butterworth paso bajo como los del esquemático 1, eliminaba la señal portadora de más alta frecuencia y se quedaba con la señal moduladora, que correspondía con los unos y los ceros de la tarjeta. La idea es eliminar con los filtros paso bajo los armónicos de alta frecuencia, y con los paso banda amplificar los de la banda de interés, de manera que se consiga saturar la señal de salida. De esta manera obtuvimos una señal cuadrada, que tras pasar por un comparador, era apta para ser leída por el microprocesador.



Esquemático 1. Filtros MFB y Butterworth

En el esquemático 1 podemos apreciar la topología de filtros activos MFB paso banda y Butterworth paso bajo. En el caso del Butterworth, este ofrece una respuesta plana dentro de la banda de frecuencia lo que le hacía ideal para nuestra aplicación; además a medida que se aumentaba el orden del filtro se conseguía una variación cada vez más brusca pasada la frecuencia de corte. En el caso del MFB el tanto el ancho de banda, el factor de calidad del filtro como la frecuencia media y la ganancia a dicha frecuencia, se pueden ir regulando en función de los valores de resistencias y condensadores según las ecuaciones de funcionamiento del filtro, que son las siguientes [1]:

$$Frecuencia\ media = f_m = \frac{1}{2\pi C} \sqrt{\frac{R_1 + R_3}{R_1 R_2 R_3}} ; \text{ Ganancia a } f_m = A_m = -\frac{R_2}{2R_1}$$

$$Factor\ de\ calidad = Q = \pi f_m R_2 C ; \text{ Ancho de banda } = B = \frac{1}{\pi R_2 C}$$

El tercer y definitivo diseño se caracteriza por el uso de tarjetas de 125 kHz que modulan en amplitud. Este cambio entre modular en frecuencia a modular en amplitud produjo un considerable cambio en el diseño del circuito, eliminándose toda la parte de filtrado, y conservando el detector de envolvente para medir los cambios de amplitud, introduciendo una serie de amplificadores con distintas topologías para conseguir una señal que el micro pudiera leer,

Como se describe en la figura 18 se realizan una serie de acciones para conseguir la lectura final por parte del micro. Primero se genera una señal cuadrada que hay que manipular (ondas azules) hasta que finalmente esta se transforma en una señal senoidal (onda roja). Una vez conseguida una señal senoidal, esta se adapta a las necesidades de alimentación de las tarjetas. Si las tarjetas son convenientemente alimentadas, estas comienzan a transmitir una información que hay que decodificar y adaptarla a las necesidades del microprocesador, para ello se convierte esta información en forma de cambios de amplitud en una señal cuadrada clara que el microprocesador es capaz de procesar (ondas naranjas).

En la siguiente figura se ve claramente la función de cada uno de los tres circuitos que se van a describir a continuación: las dos primeras señales en azul, corresponden al circuito 1; la siguiente en rojo, corresponde al circuito 2; las tres últimas señales en naranja, corresponden al circuito 3, siendo la primera de ellas la entrada del circuito 3 y por tanto la salida del 2.

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

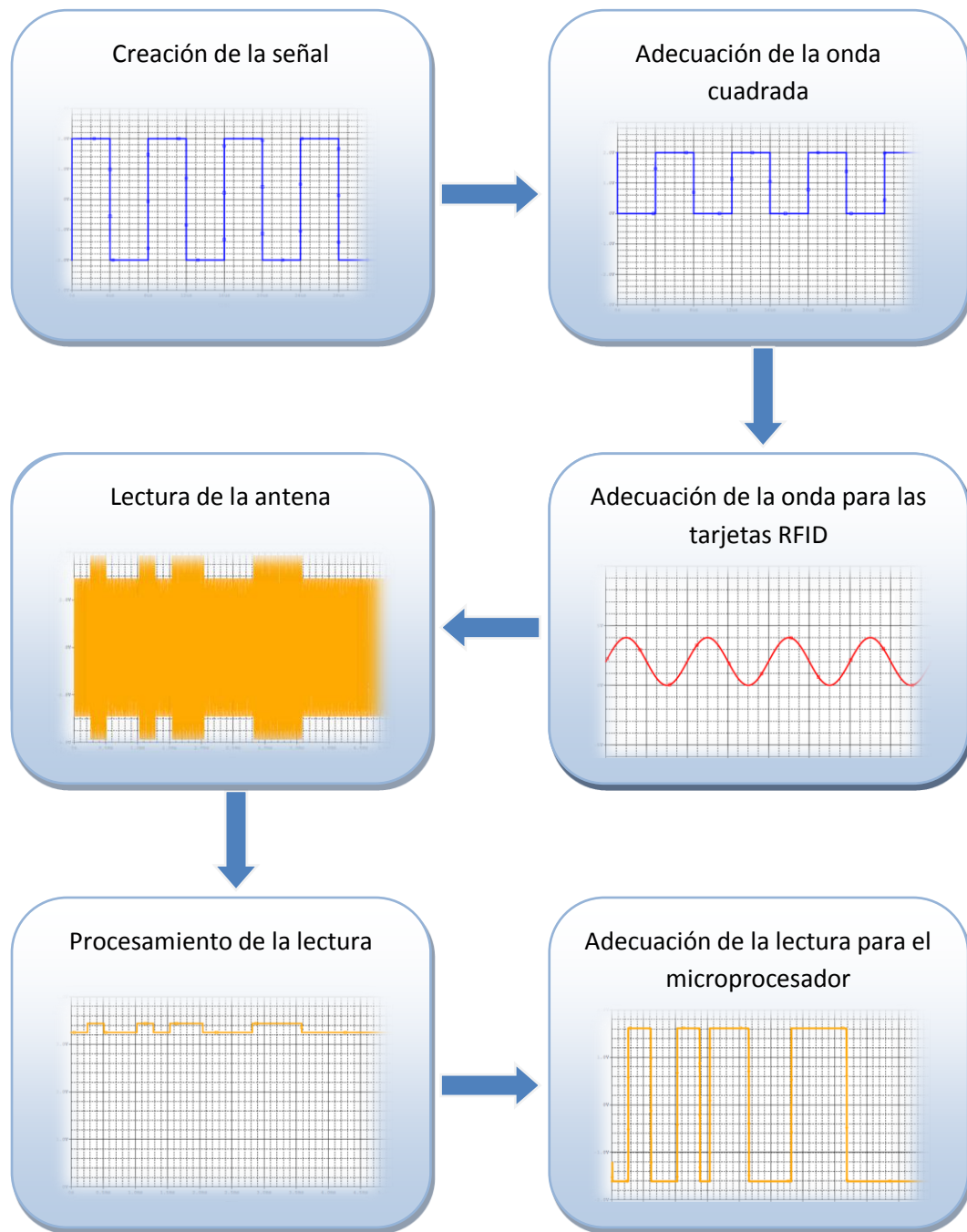


Figura 18. Diagrama de Flujo

2.2.2 Tarjetas RFID

Los sistemas RFID se componen de un interrogador o lector, cuya función es leer o escribir datos en la otra parte del sistema: los transpondedores o tarjetas, cuya función es “responder” al lector como se puede apreciar en la figura 19.

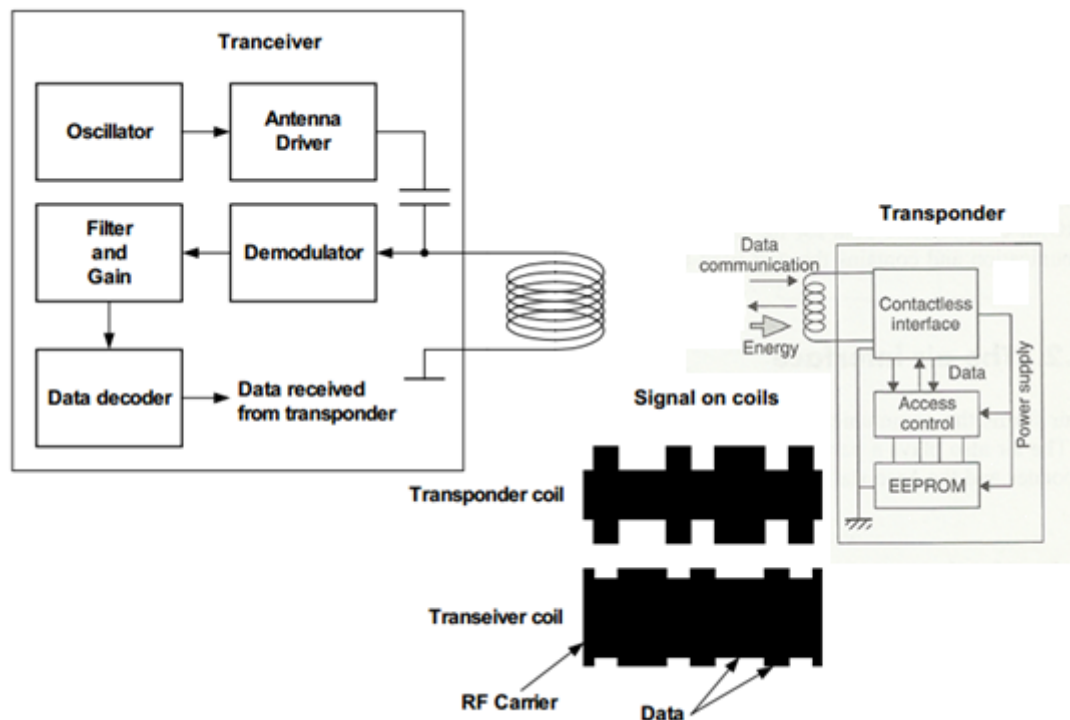


Figura 19. Esquema de funcionamiento de un sistema RFID [2, 3]

La lectura se realiza de la siguiente manera:

- El lector genera un campo de radiofrecuencia conmutando la antena a la frecuencia a la que funcionan las tarjetas; estas frecuencias oscilan entre 125 KHz y 24,125 GHz.
- El campo de radiofrecuencia genera una corriente eléctrica sobre la bobina de recepción del transpondedor. Esta señal alimenta la tarjeta, y se denomina la señal *carrier* o portadora.
- Cuando la alimentación es suficiente, cosa que ocurre cuando la tarjeta está suficientemente cerca del lector, el transpondedor comienza a transmitir datos.
- El lector comienza a detectar los datos transmitidos por la tarjeta como una perturbación en la señal emitida por la antena del lector.

Centrándonos en las tarjetas RFID, se denomina como tales a las tarjetas inteligentes, cuyo sistema de comunicación se realiza a través de ondas electromagnéticas por un sistema de radiofrecuencia. La tarjeta está compuesta por un chip y una antena que le permite la comunicación con el lector. Existen distintas formas de clasificar este tipo de tarjetas:

**DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)**

- Según la forma de alimentarlas:
 - Pasivas: Se caracterizan por no necesitar una fuente de alimentación externa, alimentándose por el campo generado por el lector. Sus ventajas son la sencillez y el bajo coste, pero a costa de una distancia de lectura menor.
 - Activas: Necesitan una fuente de alimentación externa o batería y funcionan a distancias mayores, aunque son más complejas y caras, además del problema que supone el mantenimiento y recarga de la batería.
- Según el tipo de memoria:
 - Solo lectura: Vienen programadas de fábrica y no se pueden modificar.
 - Lectura y escritura: El lector puede programar las tarjetas.
 - Anticolisión: Permiten la lectura de varias tarjetas a la vez.
- Según la frecuencias de funcionamiento[3]:
 - 125 kHz, cuyas características son:
 - Velocidad de transmisión no demasiado alta (varios kbits/segundo).
 - Los problemas de EMC (compatibilidad electromagnética) que generan son difíciles de resolver.
 - Rango de operación medio (15 – 30 cm) o largo (1 m).
 - Es compatible con las tarjetas anticolisión.
 - 13,56 MHz, siendo sus características:
 - La antena del transpondedor es pequeña.
 - Coste reducido.
 - Velocidad de transmisión alta (cientos de Kbits/segundo).
 - Rango de operación pequeño (10 – 15 cm).
 - El medio por el que se transmiten no ha de ser metálico.
- Según el tipo de modulación [4]:
 - ASK o *Amplitude Shift Keying* (figura 20): la amplitud de la señal leída por la antena varía en torno a dos estados o niveles de tensión, uno para los ceros y otro para los unos.
 - FSK o *Frequency Shift Keying* (figura 21): La frecuencia de la señal moduladora varía en torno a dos frecuencias, una frecuencia mayor para los unos y una menor para los ceros.

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

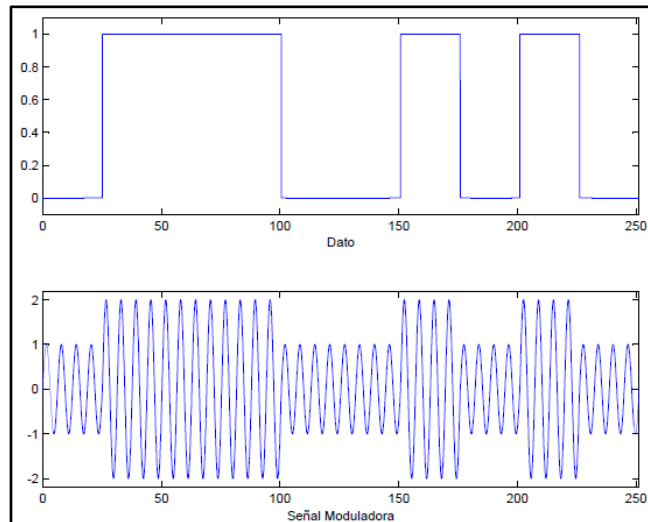


Figura 20. Modulación ASK

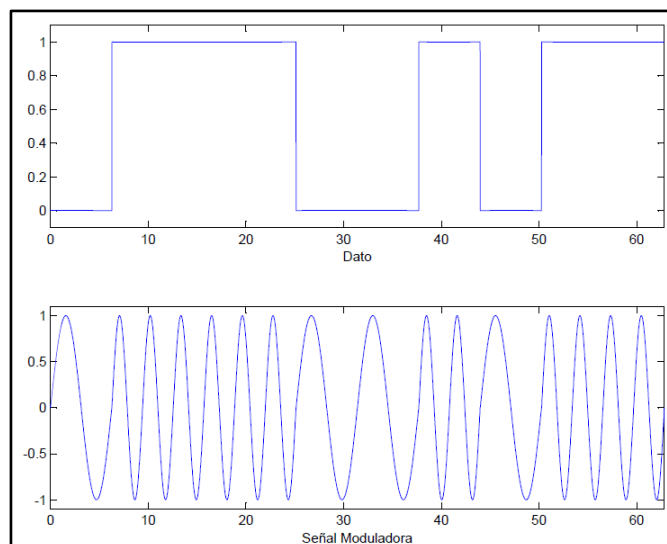


Figura 21. Modulación FSK

Teniendo en cuenta todas estas opciones, se ha decidido usar tarjetas pasivas de solo lectura y 125kHz. La razón es que no necesitamos un rango de lectura elevado, y de esta manera evitamos el problema de tener que alimentarlas, y ahorramos el espacio y peso de tener que incluir una batería. Además, por otra parte, las pasivas son mucho más baratas. En cuanto a la posibilidad de leer y escribir, nos interesa que sean de sólo lectura ya que nuestro dispositivo es un lector, por lo que sólo debe identificar las tarjetas que, además, ya se pueden comprar programadas. En cuanto a la frecuencia de funcionamiento nos decantamos por 125 kHz debido a que nos simplifica el diseño del lector y, dado que el rango de lectura y la velocidad de transmisión no es determinante en la aplicación acometida, pasa a ser la mejor opción. Finalmente el tipo de modulación escogida es ASK, pues como se explicó anteriormente, las mejores opciones de compra eran tarjetas con esta modulación.

En cuanto a la codificación de las tarjetas, existen muchas formas y tipos de codificación, entre ellas: codificación Manchester, codificación bifase o codificación PSK. El tipo de codificación más utilizado es el Manchester en el que cada periodo entre bits hay una transición entre dos niveles, se trata de una codificación autosincronizada ya que se puede obtener en cada bit la señal de reloj. Entre sus desventajas está que ocupa el doble de ancho de banda, dado su carácter sincrónico.

En la siguiente figura se puede ver cómo los datos y la señal de reloj se sincronizan en una única onda o flujo de datos. Como ya se dijo anteriormente, cada bit de datos codificado contiene una transición a mitad de la duración del periodo. Se aprecia cómo una transición de uno a cero representa un dato igual a uno y una transición de uno a cero representa un dato igual a cero.

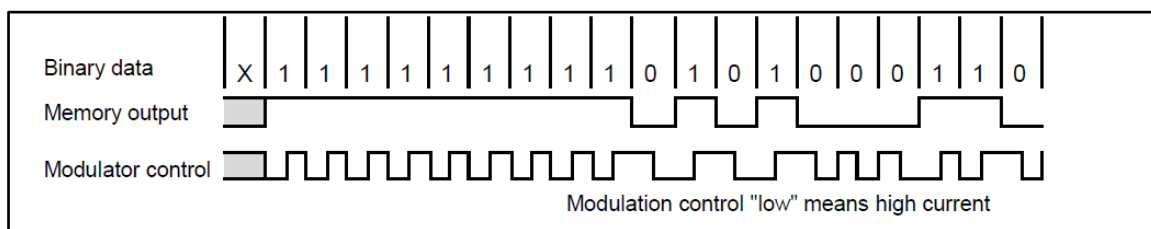


Figura 22. Codificación Manchester [2]

2.2.3 Lector

En cuanto al lector, su diseño podríamos dividirlo en distintos circuitos

- **Circuito 1:** Encargado de generar y adecuar una onda cuadrada de 125 kHz.
- **Circuito 2:** Encargado de convertir la onda cuadrada en senoidal, adecuarla para alimentar las tarjetas RFID y leer la información codificada en ellas.
- **Circuito 3:** Encargado de gestionar y procesar la información de la antena de tal forma que el microprocesador sea capaz de procesarla.

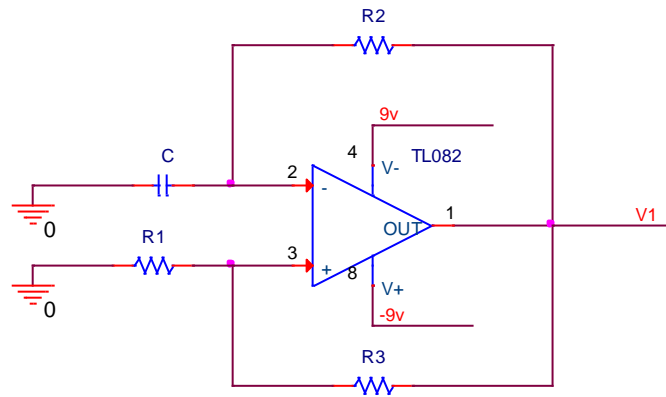
Circuito 1

El circuito 1 se encarga de generar una onda cuadrada de 125kHz, para lo cual utilizará un oscilador de relajación y amplificadores operacionales en distintas topologías, comparador, buffer y sumador inversor.

Oscilador de relajación

Se utilizará un oscilador de relajación para generar una onda cuadrada de la frecuencia deseada, la de las tarjetas. Inicialmente se pensó en el micro para generar dicha señal, aunque se ha decidido finalmente utilizar este oscilador para descargar al micro de trabajo ya que el oscilador era una solución sencilla y fácil de implementar.

**DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)**



Esquemático 2. Oscilador

Dicho oscilador tiene la siguiente topología, y se rige por la siguiente ecuación:

Siendo $f=125\text{ kHz}$, $C=1\text{ nF}$ y $R1 = R2 = R3 = R$

$$f = \frac{1}{2\ln(3)RC} \rightarrow R = \frac{1}{2\ln(3)Cf} \approx 3.6\text{ k}\Omega$$

Al simular la topología con los valores calculados aparecieron ciertas discrepancias, por lo que fue necesario modificar tanto el condensador como una de las resistencias, finalmente con $C=750\text{ pF}$ y $R3= 6,5\text{k}\Omega$ se obtuvo la onda deseada.

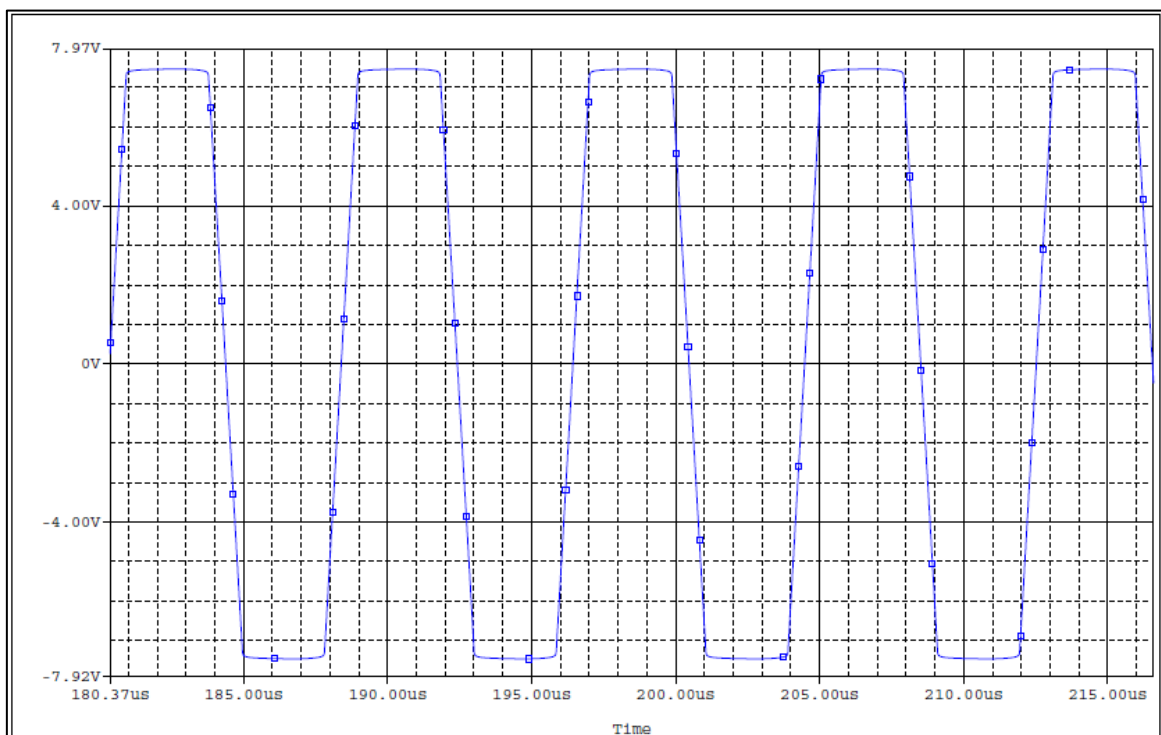


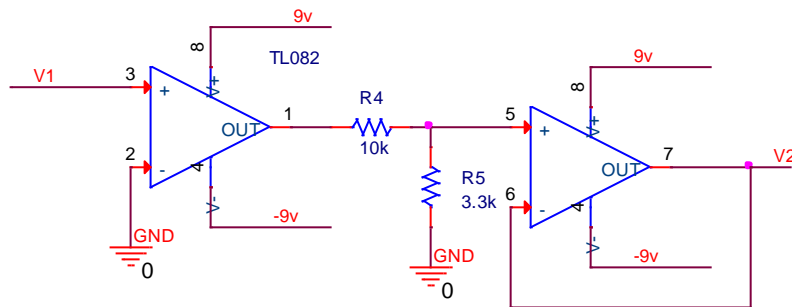
Figura 23. Oscilador

Como se puede observar en la figura 23 se obtuvo una señal cuadrada de frecuencia 125 kHz de 8V de amplitud.

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

Comparador, divisor y buffer

Se incluyen en el diseño un comparador para conformar de esta manera una onda cuadrada y saturada, además es necesario adaptar la tensión de salida del oscilador para la alimentación de las tarjetas. Finalmente se incluye un buffer tras el divisor para evitar cualquier acoplo de impedancias con el siguiente bloque.



Esquemático 3. Comparador, divisor y buffer

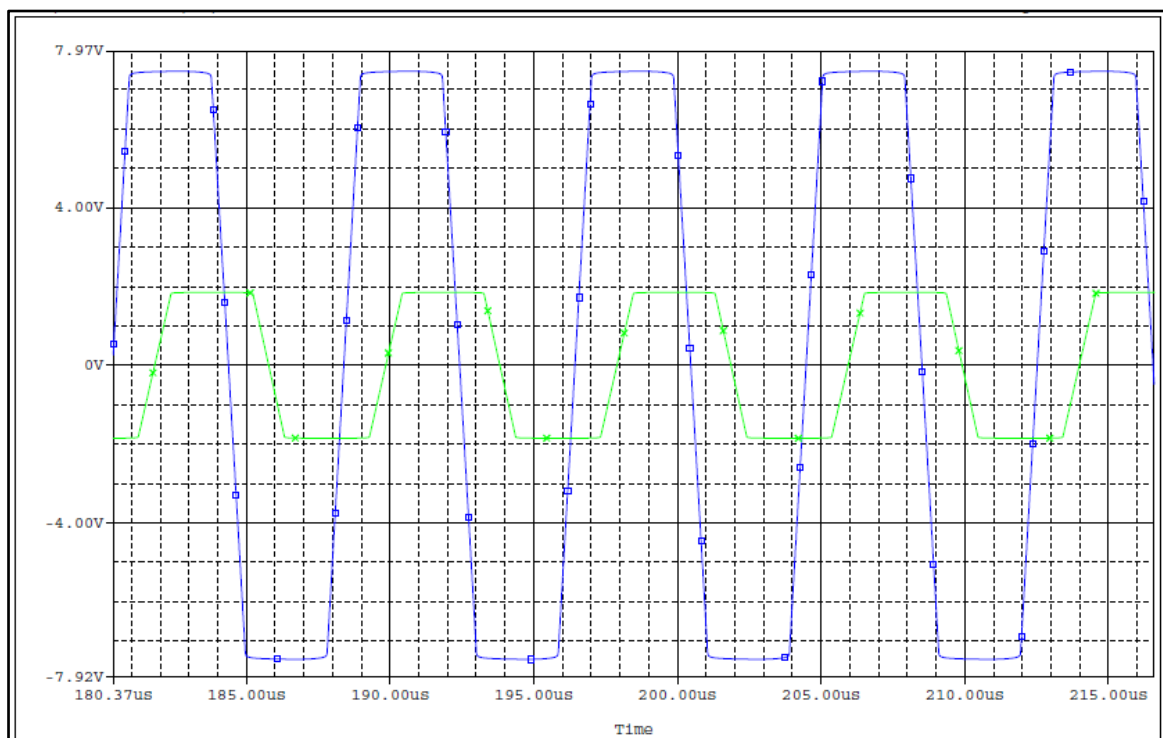


Figura 24. Comparador, Divisor y Buffer

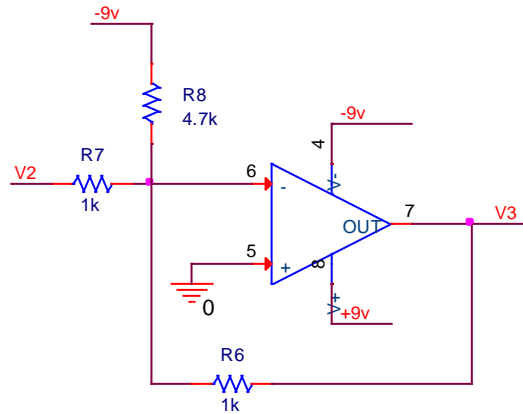
Como se puede observar en la figura 24 se obtuvo la misma onda cuadrada pero atenuada, conserva la frecuencia de 125 KHz pero disminuye la amplitud hasta los 2V. Como consecuencia del uso de los amplificadores se produce un desfase de la señal, en este caso es indiferente ya que lo que se busca es una señal de alimentación sin que sea necesario tomar como referencia la señal de salida del oscilador.

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

Sumador inversor

Se utiliza un amplificador operacional con topología sumador inversor para eliminar el offset de la señal cuadrada. Con esto, la señal cuadrada generada estaría lista para su posterior conversión en una señal senoidal, necesaria para la alimentación de las tarjetas.

El sumador tiene la siguiente topología y se rige por esta ecuación:



Esquemático 4. Sumador inversor

Siendo $R_7 = R_6 = 1\text{ k}\Omega$, $V_2 = 1.9\text{v}$ y $V_{\text{menos}} = -9\text{v}$

$$V_{\text{out}} = -R_6 \cdot \left(\frac{V_2}{R_7} + \frac{V_{\text{menos}}}{R_8} \right) \xrightarrow{V_{\text{OUT}}=0} R_8 = 4.7\text{k}\Omega$$

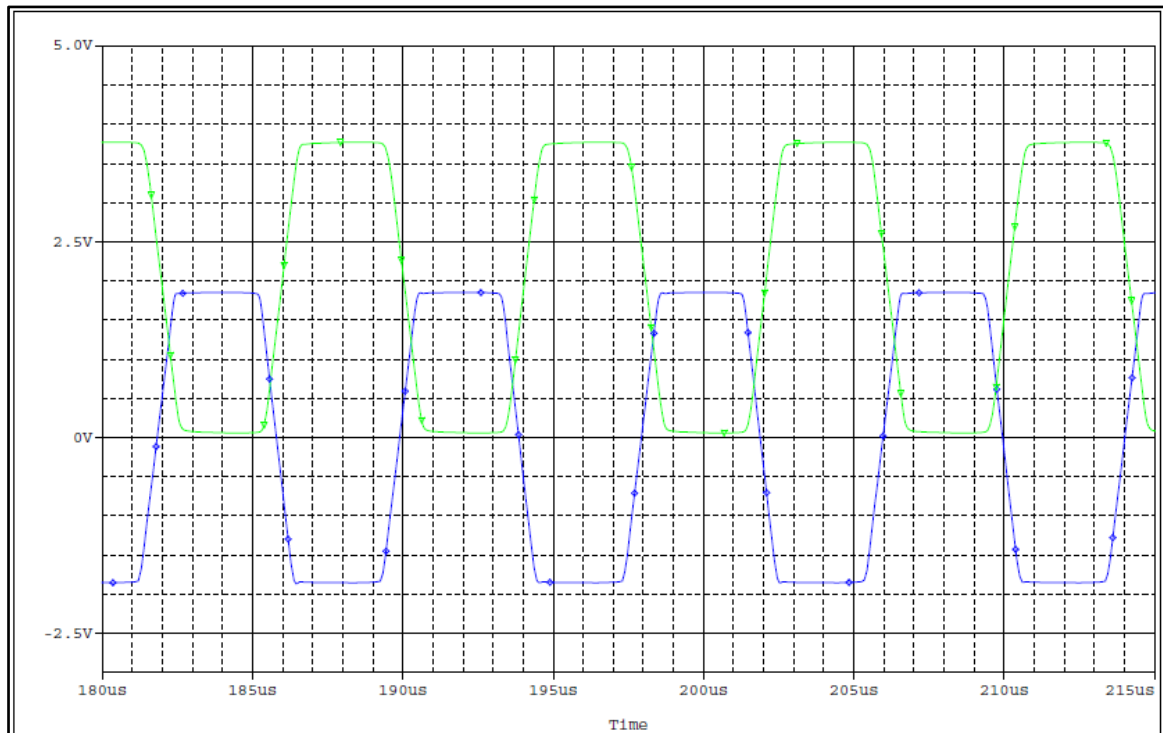


Figura 25. Sumador inversor

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

Como se puede observar en la figura 25 se obtuvo el propósito deseado añadir un offset a la señal de tal manera que esta fuera siempre positiva, de esta manera se obtuvo una señal cuadrada de 125 kHz, con una amplitud de aproximadamente 2V y siempre positiva. Debido al uso de un sumador inversor se produce un desfase de 180° con respecto a la señal original, pero como en el caso anterior este desfase no tiene ninguna importancia.

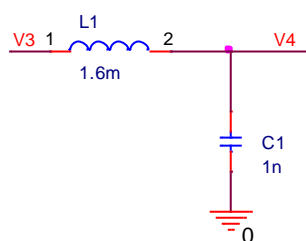
Circuito 2

Este circuito es el encargado de convertir la señal cuadrada proveniente del circuito 1 en una señal senoidal válida para la alimentación de las tarjetas de radio frecuencia, y al mismo tiempo este circuito también se encarga de recibir la información almacenada en las tarjetas que recibe la antena del circuito. Para realizar dichas operaciones se utiliza un filtro paso bajo, un amplificador operacional en topología no inversora y una antena.

Filtro paso bajo

Para conseguir una onda senoidal se utilizará un filtro paso bajo LC, que eliminará los armónicos de alta frecuencia y se quedará con aquellos de una frecuencia inferior a 125 kHz. De esta manera obtendremos una onda senoidal de 125 kHz.

El filtro tiene la siguiente topología y se rige según la ecuación:



Esquemático 5. Filtro paso bajo

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C} \approx 1.6 \text{ mH}$$

Siendo $f=125 \text{ kHz}$ y $C=1 \text{ nF}$ tomado como parámetro de diseño, se tiene que se debe emplear una bobina de inductancia igual a 1,6 mH.

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

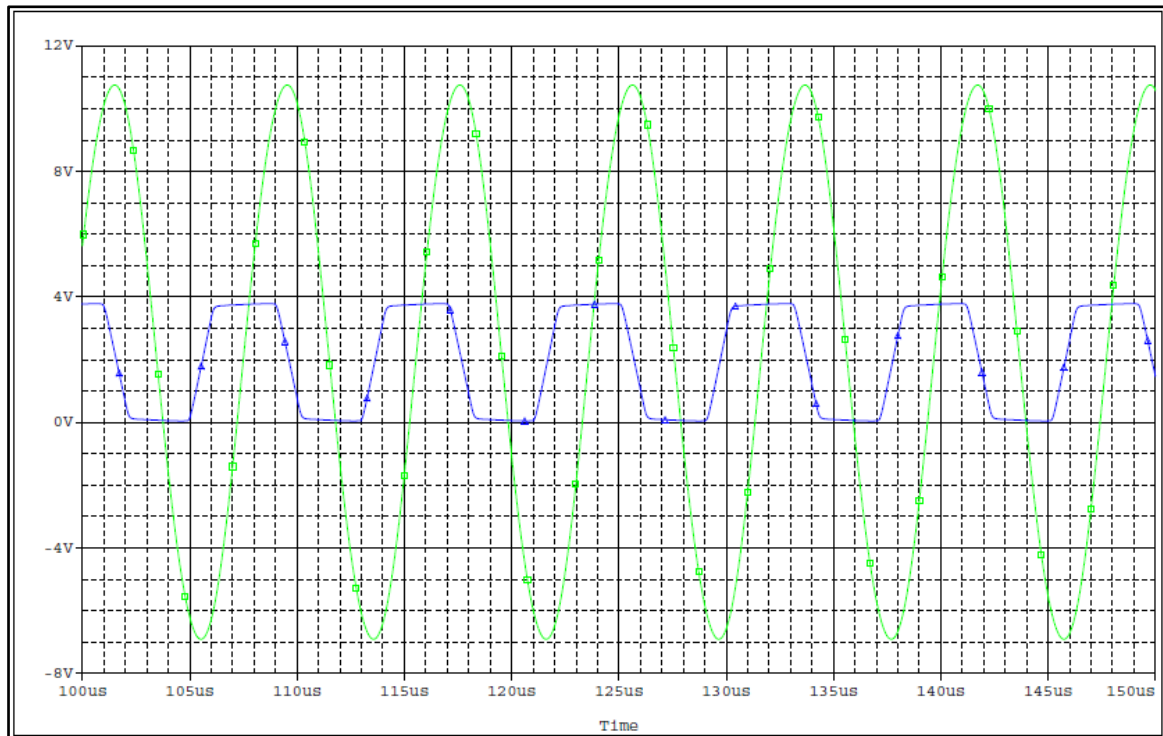


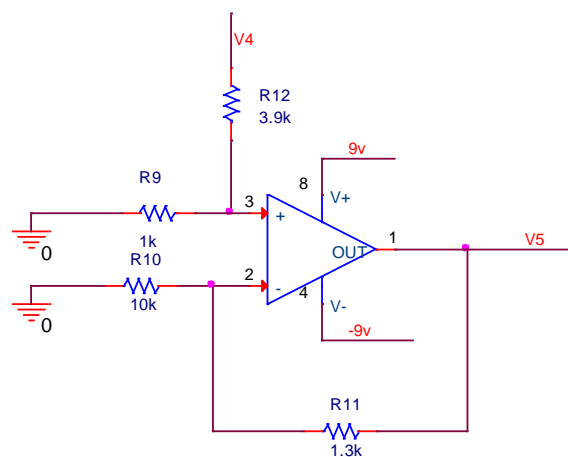
Figura 26. Filtro paso bajo

Como se puede observar en la figura 26 al pasar la señal cuadrada por el filtro se obtuvo una señal senoidal de la misma frecuencia y una amplitud mayor.

Amplificador no inversor

Una vez conseguida la onda senoidal, nos es necesaria adaptarla a los niveles de tensión que las tarjetas RFID necesitan para funcionar, y será la alimentación de las tarjetas. Para ello, se reducirá el nivel de tensión por medio de un amplificador con topología no inversora.

El amplificador tiene la siguiente topología y se rige según la ecuación:



Esquemático 6. Amplificador no inversor I

$$v_5 = v_4 \frac{R_9}{R_9 + R_{12}} \left(\frac{R_{11}}{R_{10}} + 1 \right)$$

Luego $R_9 = 1k\Omega$, $R_{10} = 10k\Omega$, $R_{11} = 1.3k\Omega$, $R_{12} = 3.9k\Omega$

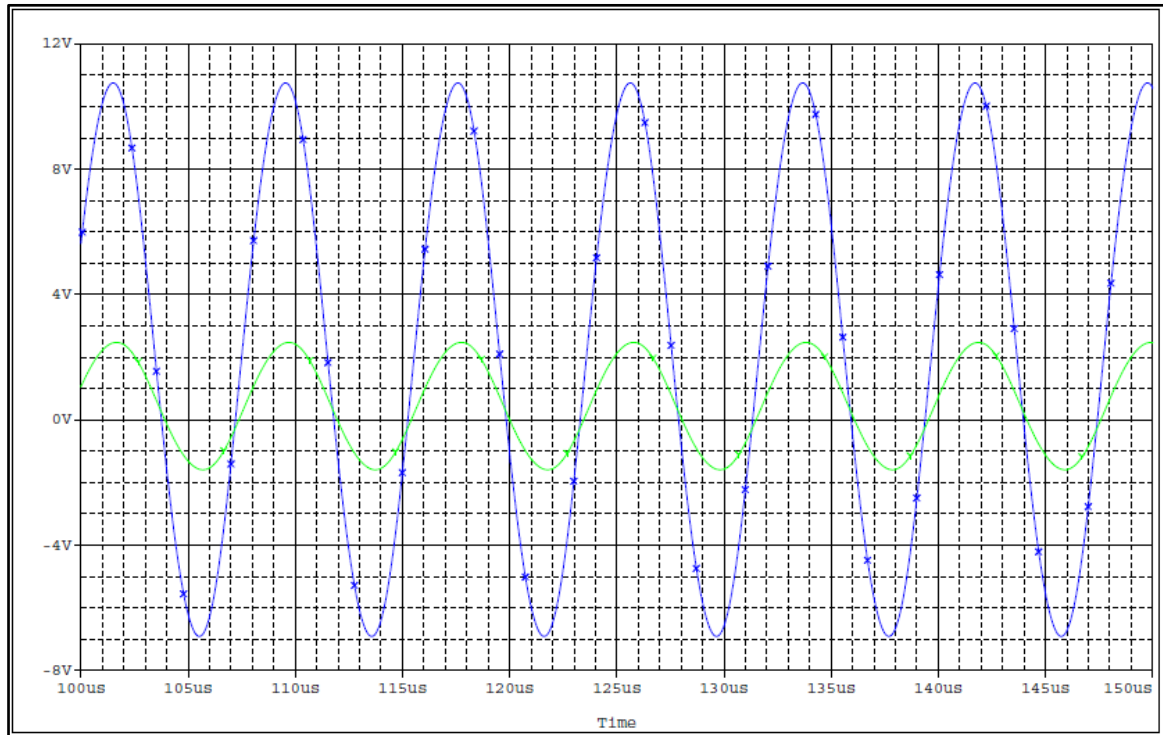


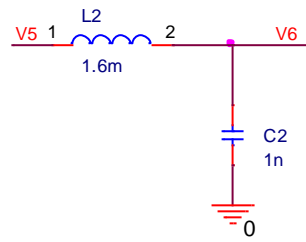
Figura 27. Amplificador no inversor I

Como se puede observar en la figura 27 se obtuvo una atenuación de la señal senoidal obteniendo una señal senoidal con una frecuencia de 125 kHz, una amplitud de 2V y con un pequeño offset. Esta señal de salida es válida para la alimentación de las tarjetas pudiendo por fin de esta manera recibir la información almacenada en ellas.

Antena

Se trata de un filtro LC nuevamente. Su función en el circuito es doble: por un lado, alimentar las tarjetas de radiofrecuencia, y por otro recibir la información almacenada dentro de las tarjetas por medio de una alteración de la amplitud de la señal que circula por la bobina. Nuevamente utilizamos la ecuación de los filtros LC para obtener los valores de L y C.

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)



Esquemático 7. Antena

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} \Rightarrow L_2 = \frac{1}{(2\pi f)^2 C_2} \approx 1.62 \text{ mH}$$

Siendo $f=125 \text{ kHz}$ y $C_2 = 1 \text{ nF}$.

En la figura 28 se puede apreciar lo que le ocurre a la señal de la antena cuando una tarjeta entra dentro del campo de acción de la misma. La tarjeta, al ser pasiva, necesita una señal de alimentación que la energice. Solo entonces comienza a transmitir la información alojada en su interior en forma de variaciones de la amplitud de la tensión de la antena: en este caso se observa cómo al ser alimentada la tarjeta manda un dato que se traduce en un aumento de la amplitud de la señal de la antena.

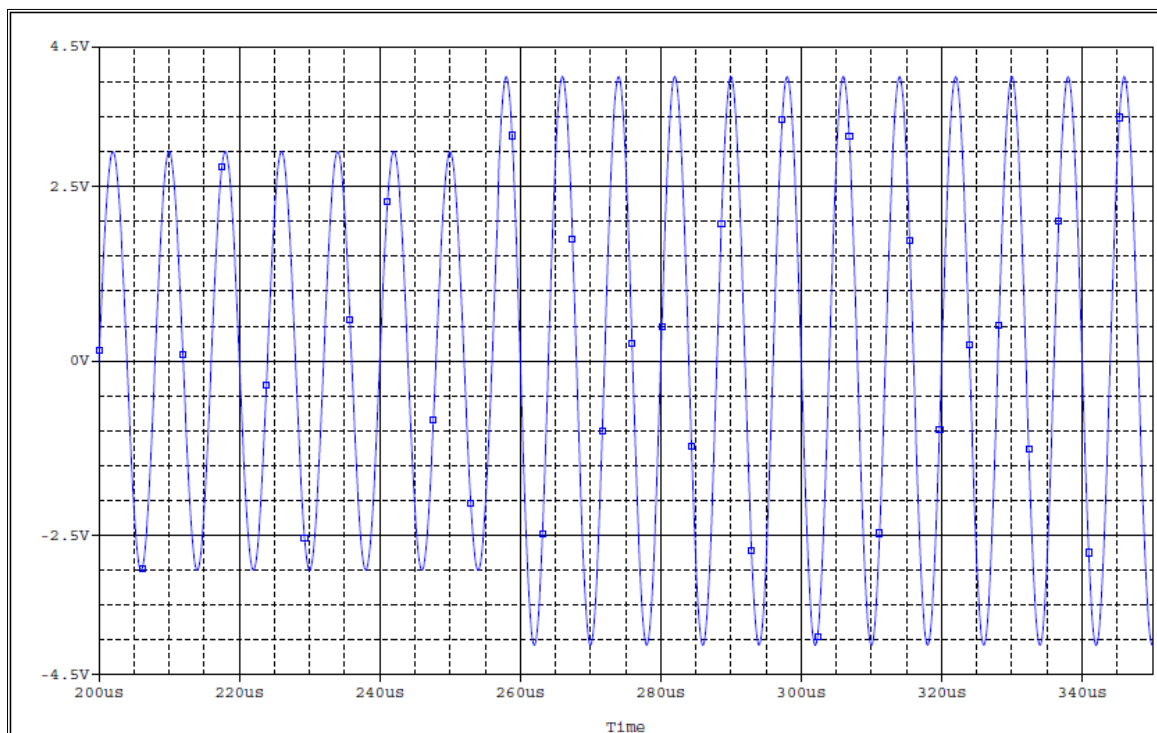


Figura 28. Antena

Circuito 3

Este último circuito es el encargado de gestionar la información que transmite la tarjeta, adaptando la señal que lee la antena a otra señal que el microprocesador sea capaz de manejar de forma cómoda, para ello se utiliza un detector de envoltente y amplificadores operacionales con distintas topologías: restador inversor, no inversor y comparador.

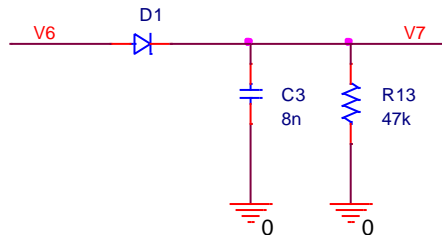
Detector de envoltente

Para poder tratar la información de las tarjetas obtenida por medio del cambio de amplitud en la tensión de la entrada, se utilizará un detector de envoltente. La función de un detector de envoltente no es otra que la de quedarse con la envoltente de una señal de alta frecuencia, de manera que podemos obtener una señal pulsante a partir del cambio de amplitud.

Para su diseño tenemos que tener en cuenta distintos factores, por un lado la frecuencia de la señal portadora, 125 kHz, y por otro la de la señal moduladora, en este caso 2 kHz.

$$\frac{1}{f_m} = 500\mu \gg R_{13}C_3 = 376\mu \gg \frac{1}{f_p} = 8\mu$$

Tomaremos $C_3 = 1\text{ nF}$ y $R_{13} = 47\text{ k}\Omega$



Esquemático 8. Detector de envoltente

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

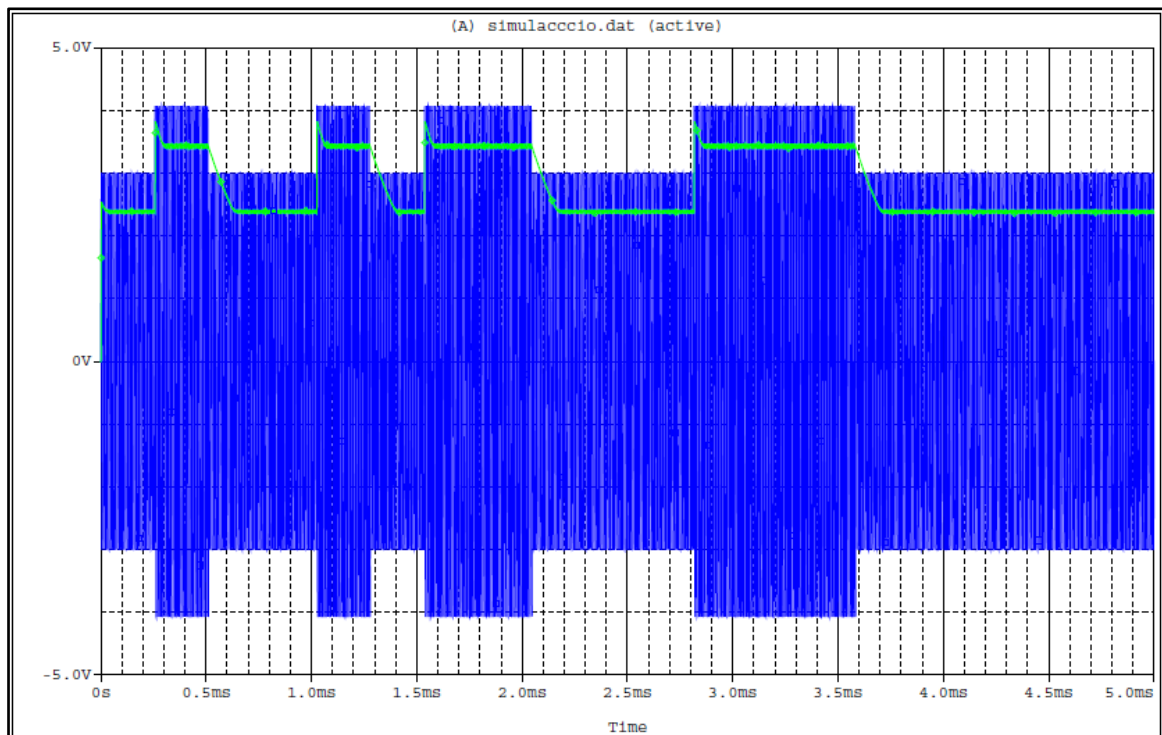


Figura 29. Detector de envolvente

Como se puede observar en la figura 29 se obtuvo una señal cuadrada con una pequeña inestabilidad provocada por la respuesta sobreamortiguada del detector de envolvente, esta inestabilidad no influirá en el resultado final ya que será eliminada en etapas posteriores. De la señal original, una señal senoidal con frecuencia constante pero que va cambiando de amplitud cuando pasa un tiempo específico, se queda con la silueta de la señal, suavizando la señal original.

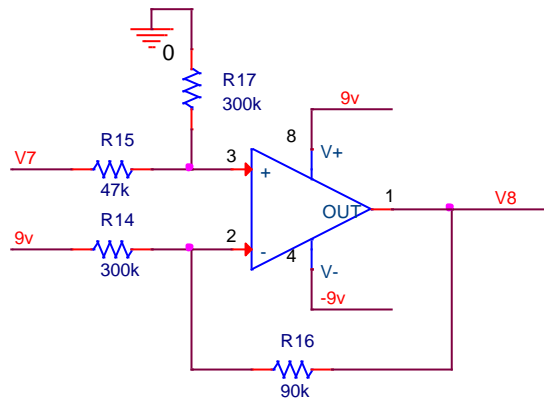
Esta es la parte clave de este circuito ya que el resto de etapas solo se encarga de modificar esta señal cuadrada obtenida.

Restador inversor

Una vez obtenida una señal pulsante, ya solo queda adecuarla para que el microprocesador sea capaz de leerla con la mayor facilidad posible. Para ello, lo primero que le hacemos es ponerla con base en 0V mediante un amplificador operacional con topología de restador inversor.

El amplificador tiene la siguiente topología y se rige según la ecuación:

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)



Esquemático 9. Restador inversor

$$V_8 = \frac{(R_{16} + R_{14})R_{17}}{(R_{17} + R_{15})R_{14}} - 9v \frac{R_{16}}{R_{14}}$$

Luego $R_{14} = 300k\Omega$, $R_{15} = 47k\Omega$, $R_{16} = 90k\Omega$ y $R_{17} = 300k\Omega$

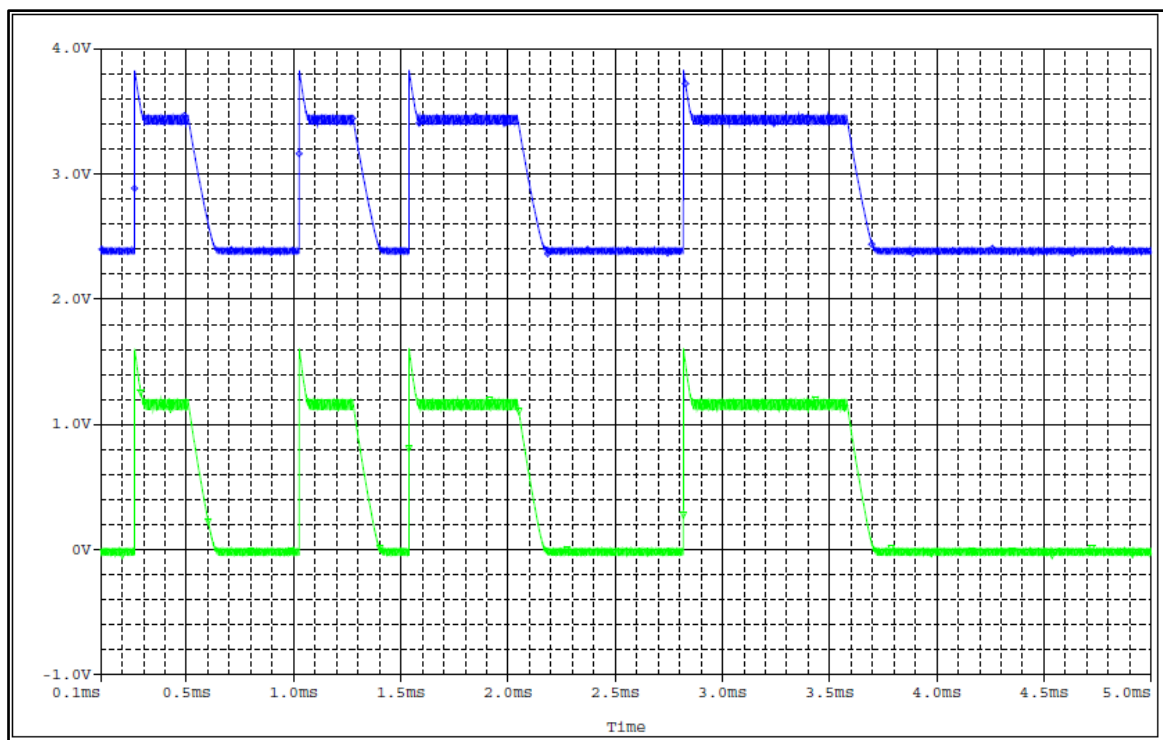


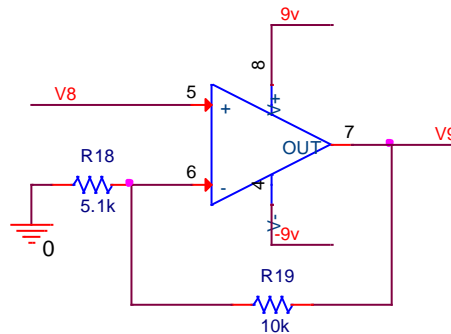
Figura 30. Restador inversor

Como se puede observar en la figura 30 se obtuvo el resultado deseado, se obtuvo una señal cuadrada idéntica a la de entrada pero cuyos valores mínimos son cero, de esta manera se convierte en una señal que oscila entre 0 y 1.2V.

Nuevo Amplificador no inversor

Una vez puesta la señal con base 0, se amplificará la señal para que se diferencien mejor los dos niveles de tensión, el bajo o cero que corresponde a un cero lógico, y el alto que corresponde a un uno. Esta amplificación se hará por medio de un amplificador no operacional con topología no inversora.

El amplificador tiene la siguiente topología y se rige según la ecuación:



Esquemático 10. Amplificador no inversor II

$$v_9 = v_8 \left(\frac{R_{19}}{R_{18}} + 1 \right)$$

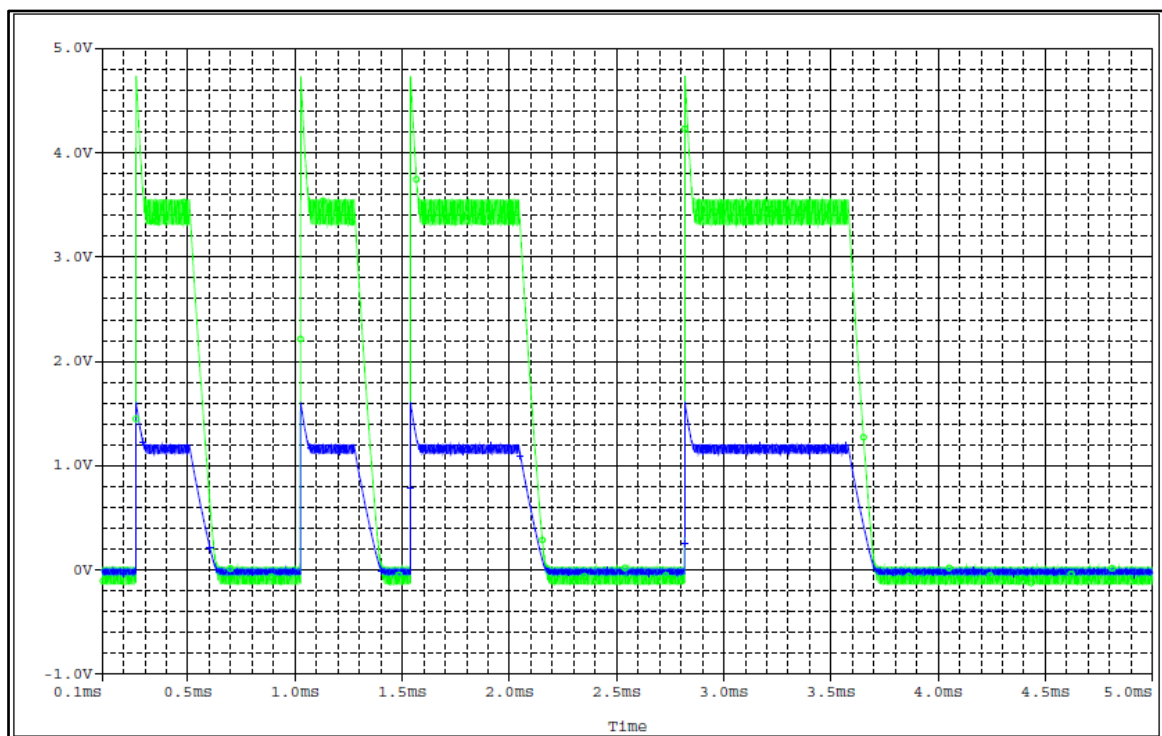


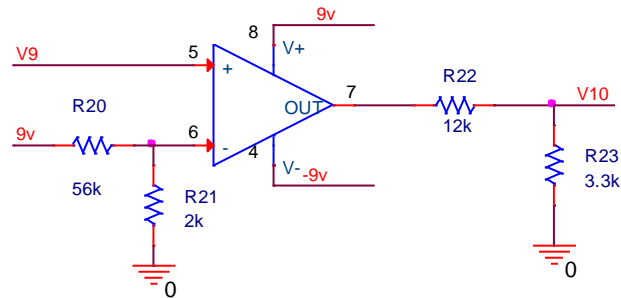
Figura 31. Amplificador no inversor II

Como se puede observar en la figura 31 el resultado que se obtuvo fue el deseado una misma señal cuadrada con base en 0V pero amplificada, de esta manera se acentúa un poco más la diferencia entre los dos niveles de tensión facilitando de esta forma su posterior tratamiento.

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

Comparador y divisor

Una vez amplificada, la señal pulsante ya está lista para obtener una señal clara que el amplificador pueda leer. Utilizaremos un comparador que primero compare con un valor cercano a cero para obtener una onda cuadrada pura, y un divisor de tensiones que reduzca la tensión obtenida con el comparador.



Esquemático 11. Comparador y divisor

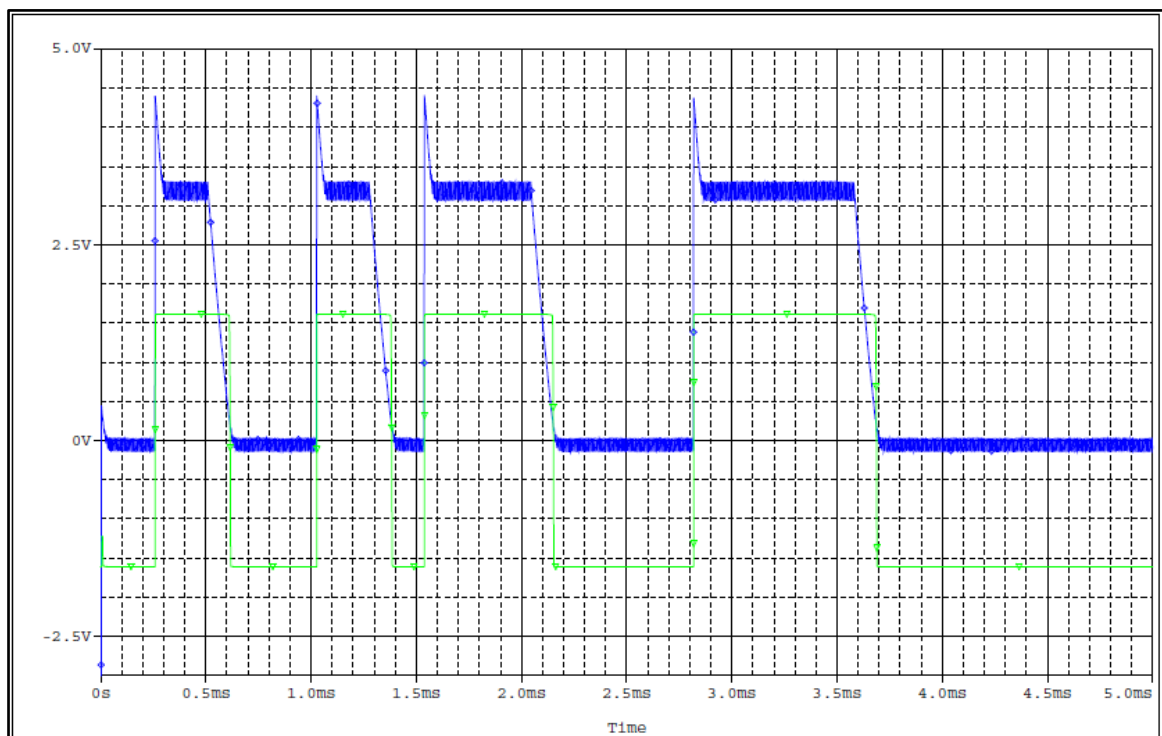


Figura 32. Comparador y divisor

En la figura 32 se puede ver claramente como la señal que se obtuvo al pasar la señal de entrada por un comparador es perfectamente cuadrada, eliminando la pequeña inestabilidad provocada por la respuesta sobre amortiguada del detector de envolvente. La señal cuadrada que se obtuvo se encuentra entre unos márgenes de tensión propicios para su posterior tratamiento por parte del microprocesador gracias al efecto del divisor de tensión.

2.2.4 Microprocesador

Una de las partes fundamentales del lector es el microprocesador, y muestra de ello es la serie de circuitos que acondicionan la forma de onda de la lectura de la antena para que el microprocesador pueda leer de forma fácil la información alojada en la tarjeta. El programa a implementar es bastante sencillo, y su función es esencialmente distinguir entre distintas tarjetas dependiendo de la lectura que realiza de lo que recibe de la antena. Además, utilizará un par de leds para indicar si la pieza detectada es la correcta y para indicar el estado del lector: apagado o encendido.

Como el programa no tiene que gestionar mucha información, ni almacenar gran cantidad de datos en la memoria, con un microprocesador bastante básico sería suficiente. Aunque no sea necesario, se ha elegido un microprocesador un poco más potente para posibles mejoras que se realicen en el futuro. El microprocesador elegido es el C8051F330 de Silicon Laboratories, con un núcleo de la familia 8051.

Otra razón para elegir este microprocesador es que tanto mi compañero del trabajo común como yo, ya lo hemos utilizado en asignaturas del Grado como Sistemas Electrónicos Digitales, lo que hace que el tiempo de pruebas y aprendizaje del microprocesador se vea eliminado.

Se ha escogido el kit del C8051F330, ya que incluye tanto el microprocesador como la base para conectarlo al ordenador.

El Adaptador de base toolstick (Figura 33) proporciona una interfaz de depuración de datos USB y vía de comunicación entre un equipo con Windows PC y un microcontrolador de destino.

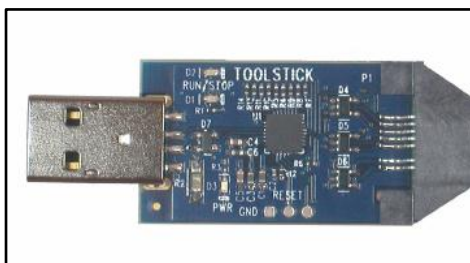


Figura 33. Adaptador de base toolstick

La tarjeta C8052F330 contiene el microcontrolador y la circuitería y se utiliza como plataforma de desarrollo de propósito general para aplicaciones con microcontroladores siendo algunas utilizadas para demostrar una función o aplicación específica.

La tarjeta secundaria C8051F330 (Figura 34) incluye:

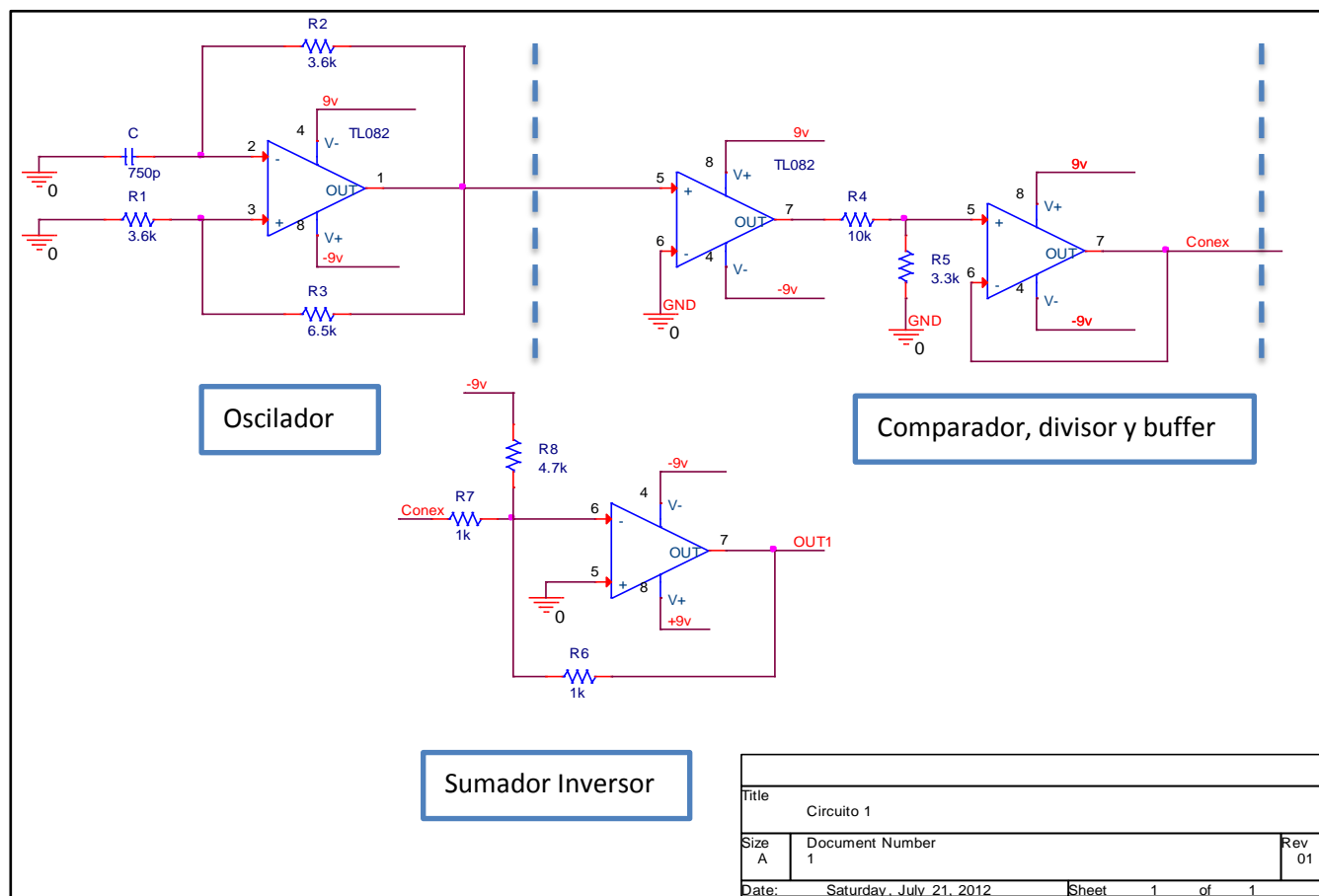
- Dos Leds
- Un potenciómetro.
- Una resistencia a través del CAD del pin de salida.
- Un área pequeña de prototipos que proporciona acceso a todas las patillas del dispositivo. Este área de prototipos puede ser utilizado para conectar hardware

2.2.5 Diseño final

En este apartado mostramos el aspecto completo del diseño, a fin de resumir visualmente todos los esquemáticos descritos.

Circuito 1

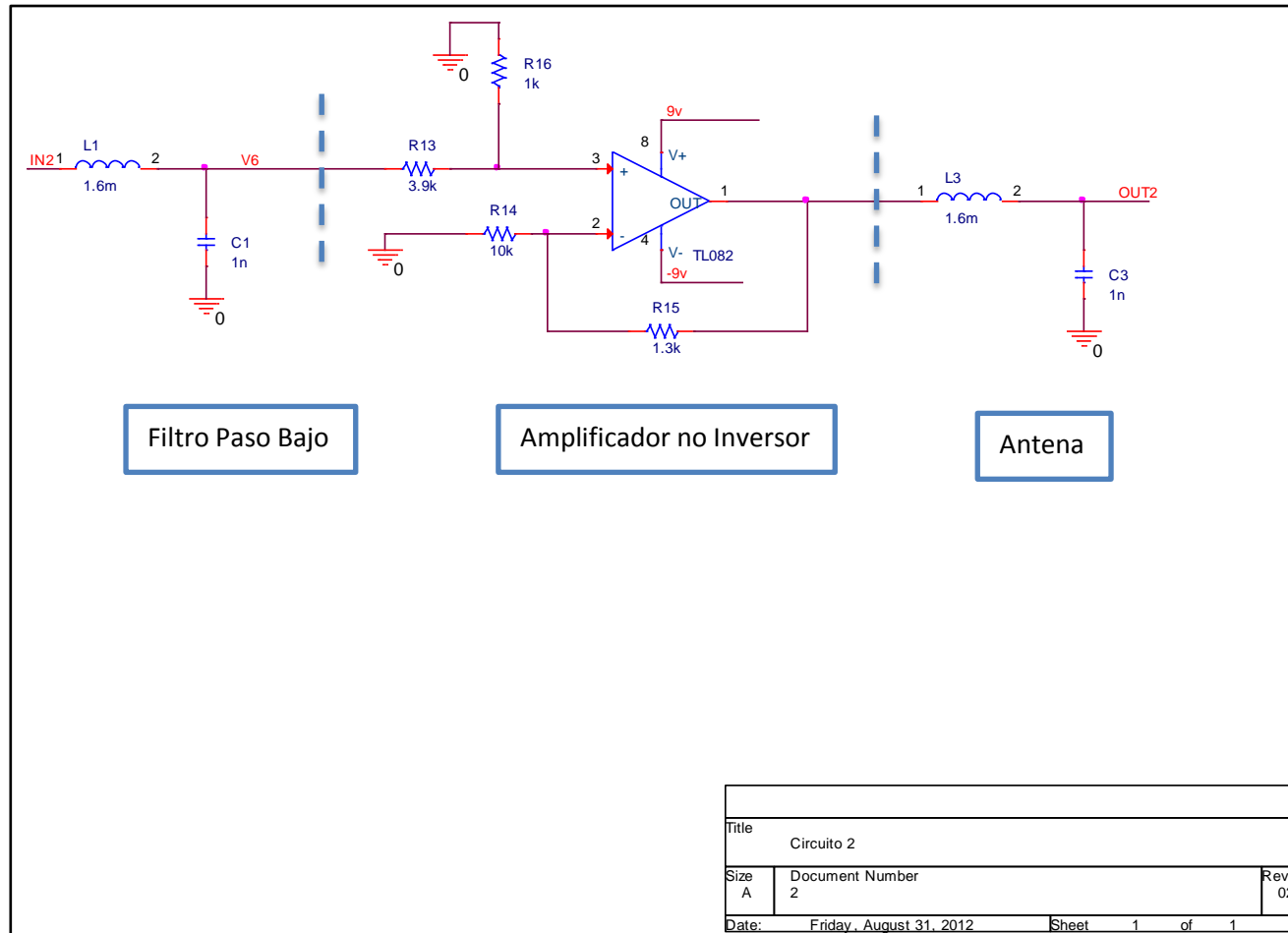
Se encarga de crear una señal cuadrada y adaptarla para su posterior utilización.



Esquemático 12. Circuito 1

Circuito 2

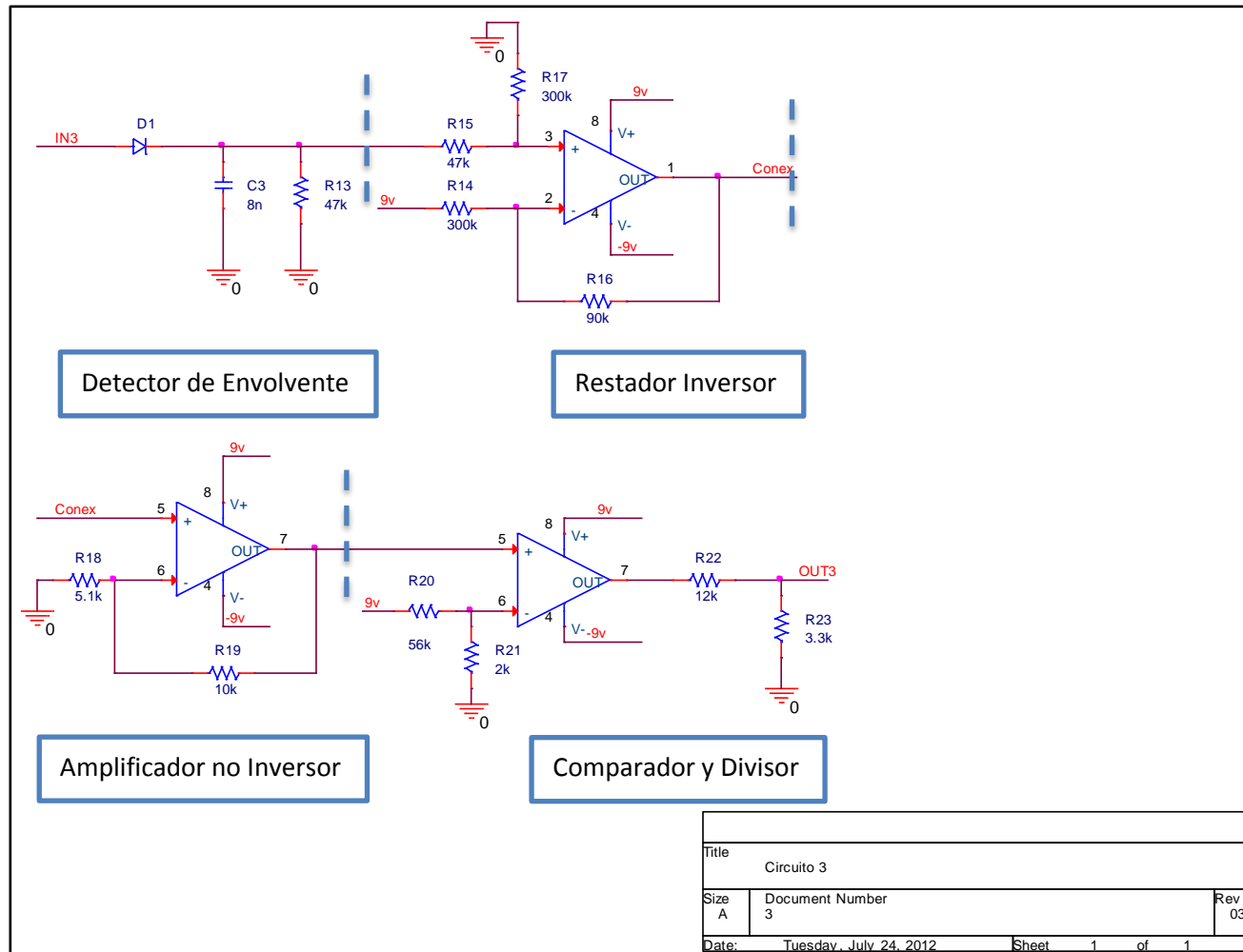
Este circuito es el encargado de convertir la onda cuadrada en una senoidal tal que sirva de alimentación para las tarjetas, a su vez es el encargado de recibir la información contenida en las tarjetas.



Esquemático 13. Circuito 2

Circuito 3

Este circuito se encarga de procesar la información de las tarjetas y adaptarla para que pueda ser leída por el microprocesador.



Esquemático 14. Circuito 3

Capítulo 3. Diseño de la Lección: interfaz con el alumno.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la finalidad del lector es o bien ayudar al aprendizaje o bien servir como soporte para el juego de los alumnos. Para todo esto es necesario crear una lección o juego con el que se utilice el lector, al menos para hacer las pruebas de operación. Para la elaboración de esta lección se ha realizado un trabajo conjunto con el colegio: los pedagogos nos han propuesto un tema y mandado tanto las imágenes como los pictos que incluir en la lección. Cabe incidir en que las imágenes y los pictos han de ser los mismos que los alumnos utilizan en sus otras actividades en el centro.

La lección se ha elaborado a modo de programa en flash, que les permite a los pedagogos avanzar o retroceder en el juego dependiendo de las respuestas del lector. Por ejemplo: la figura 35 solo puede avanzar a la figura 36, pero la figura 36 puede avanzar a la figura 37 si la pieza elegida es la correcta, o a la figura 38 si la pieza elegida es incorrecta. En este caso solo se podría retroceder a la figura 36. Lo mismo pasaría con la figura 37, que solo permite avanzar hacia la figura 39.

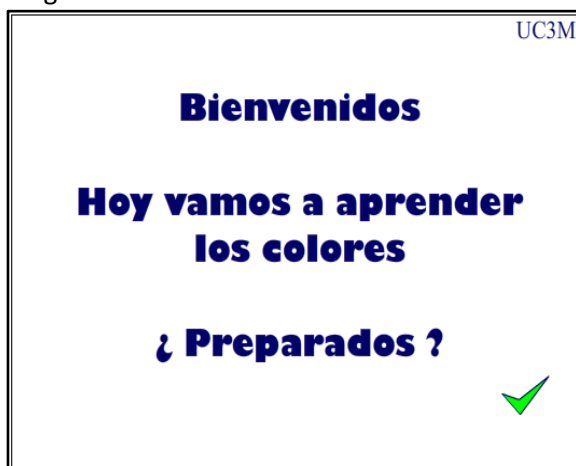


Figura 35. Pantalla I



Figura 36. Pantalla II

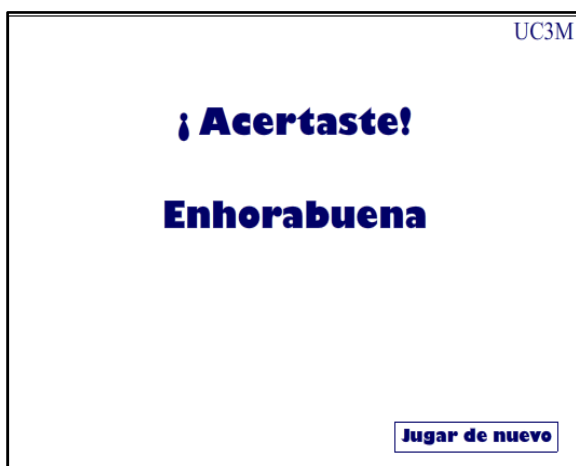


Figura 37. Pantalla III

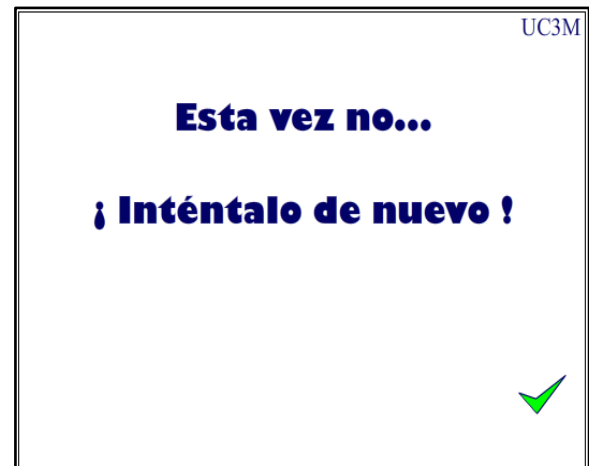


Figura 38. Pantalla IV

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

Con las figuras 39, 40 y 41 ocurriría lo mismo que con la figura 36: si el niño acierta se avanza hacia la figura 37 y si falla, hacia la figura 38.



Figura 35. Pantalla V



Figura 40. Pantalla VI



Figura 41. Pantalla VII

Recapitulando, el flujo natural sería:

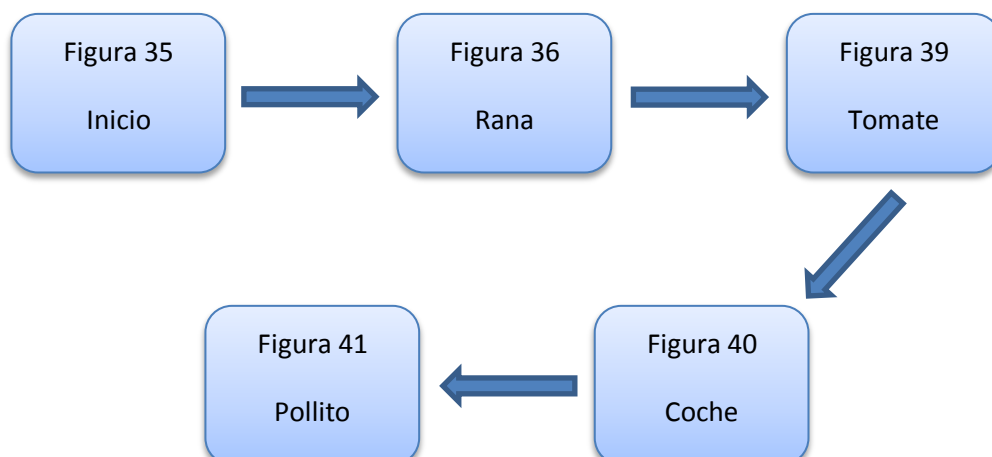


Figura 42. Diagrama de flujo Flash

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

Flash Professional CS5 es una potente herramienta para realizar animaciones y diseños para la web, además de gráficos interactivos. Los programas en flash consiguen realizar unas aplicaciones dinámicas con las que el usuario puede interactuar de forma fácil e intuitiva. La programación en flash moderna se basa en el lenguaje ActionScript, un lenguaje orientado a objetos que ha ido alcanzando una programación cada vez más interactiva.

Para conseguir que el programa de flash avance se crean los distintos botones y se programan. Debido a la gran cantidad de botones para continuar que se han utilizado en esta lección, a continuación se adjunta el código correspondiente a su programación, comentado para aclarar cualquier tipo de dudas.

```
stop();

acierto.addEventListener(MouseEvent.CLICK,ft2_MouseClickHandler);

// Acierto, es el nombre de la instancia del botón, esta función indica que al //hacer
// clic sobre el botón acierto se ejecutará la función ft2.

function ft2_MouseClickHandler(event:MouseEvent):void

{

    gotoAndPlay(64);

}

// función ft2. Indica al programa que vaya al fotograma 64, que corresponde a la
// escena de acierto.

fallo.addEventListener(MouseEvent.CLICK,ft3_MouseClickHandler);

function ft3_MouseClickHandler(event:MouseEvent):void

{

    gotoAndPlay(53);

}

// La función ft3 se ejecuta si el profesor pulsa sobre el botón de fallo. En ese caso
// el programa irá al fotograma 53, que corresponde a la escena de error.
```

La sentencia fundamental para esta aplicación es la sentencia stop(); aunque no entraña complicación a la hora de programar es fundamental, ya que es la encargada de parar la lección hasta que se pulse un botón, siendo necesario ponerla al principio de cada escena. En cuanto a la programación de los botones, se realizan según el código anterior: al pulsar un botón, se entra en una función que avanza o retrocede hasta la diapositiva correcta, la que se indique.

Por último, respecto a incluir clips de sonido en la lección, la dificultad ha sido que Flash reconozca el archivo de audio. El sonido de cada escena ha sido grabado por el autor del trabajo.

DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5): CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)

Y la forma de aplicarlo a la escena fue muy sencilla, solo es necesario cargar el archivo de audio con el formato adecuado y arrastrarlo hacia la diapositiva en la que tiene que reproducirse, la complicación estaba en el formato que el programa admitía. En este caso se trata de archivos .wav, grabados a 44 kHz.

La presentación en flash no está conectada con el lector, sino que el personal del centro que supervisa continuamente esta actividad de los niños será el encargado de avanzar o retroceder la presentación según las señales luminosas del lector.

Cabe mencionar que para que esta lección tenga sentido es necesaria la utilización de las piezas interactivas anteriormente mencionadas, en ellas se incluirán los pictos con los colores correspondientes a las imágenes que van apareciendo a lo largo de la presentación con lo que las piezas quedarían según aparecen en la figura 43.



Figura 43. Piezas interactivas con los pictos

Otro tema a tratar es la identificación de las piezas, ya que al tratarse de piezas universales intercambiables es necesario identificarlas de alguna manera. Dicha identificación se ha realizado numerándolas con un rotulador indeleble como en la figura 44.



Figura 44. Identificación de las piezas

Capítulo 4. Conclusiones y trabajos futuros

Al comienzo del documento se establecieron una serie de objetivos que el dispositivo debía de cumplir, entre ellos destacan:

- Piezas Interactivas intercambiables e inalámbricas.
- Tamaño adecuado de la base o lector.
- Lección interactiva con sonidos.

Una vez diseñado el sistema, y máxime tras ser construido y probado (ver Trabajo fin de Grado de Luis Javier Martínez Belotto), podemos decir que los objetivos marcados han sido cumplidos. Al tratarse de piezas con tarjetas RFID, son totalmente inalámbricas, pudiendo intercambiar una pieza por otra con solo sustituir el picto, no es necesario por tanto modificar la programación del micro. El tamaño del lector es igual al pactado con el Colegio, y en cuanto a la lección, combina lo visual con lo auditivo. Utiliza imágenes infantiles que acompañadas de sonido atraen su atención, y provocan fácilmente la relación causa-efecto.

A lo largo de la implementación se han descubierto aspectos que se podrían mejorar en próximos diseños para que la funcionalidad sea aun mejor. Entre estas posibles mejoras está la de hacer que el software sea totalmente automático, es decir, que no precise del personal del centro para continuar la presentación. Esta mejora, aunque útil, no es del todo necesaria, ya que los niños están continuamente al cargo del personal.

Otra mejora que se podría adoptar sería la de sustituir los dispositivos electrónicos tipo DIP por otros de montaje superficial, esto haría reducir tanto el tamaño del lector como su peso.

Aparte del diseño y de la construcción de este dispositivo, tanto mi compañero como yo hemos adquirido unos conocimientos que a comienzos del trabajo ni imaginábamos. Desde experimentar con el control de un microprocesador, y el uso de dispositivos de radio frecuencia, hasta asentar los principios electrónicos básicos adquiridos en el Grado. Además no solo nos llevamos lo aprendido, sino la forma en la que lo hemos hecho: ha sido una pelea continua para llegar hasta el final. Ha habido tanto momentos duros en los que parecía que nunca se iba a acabar, como momentos en los que parecía que todo estaba ya hecho, una pelea tanto personal como colectiva para conseguir el objetivo final. Hemos aprendido mucho del trabajo en equipo y de las exigencias que se nos pueden plantear en nuestro trabajo individual también.

Pero finalmente este trabajo ha supuesto una gran satisfacción, ya que con nuestro trabajo y dedicación hemos creado un dispositivo que será utilizado por otras personas, que les hará el día a día un poquito más fácil. La mejor parte del trabajo es cuando otra persona utiliza el dispositivo y más cuando esas personas son niños como los del colegio San Rafael que siempre te devuelven una sonrisa.

Capítulo 5. Presupuesto

5.1 Coste del material

Descripción	Medida	Medición	Precio unitario	Precio Total
Capitulo 1: Construcción Mecánica				
Cola blanca	Ud.	1	2.14€	2.14€
Madera de contrachapado 60x30x0.3	m ²	18		3.95€
Pegamento Instantáneo Super Glue-3	Ud.	1	4.72€	4.72€
Tornillo métrica 5 avellanado de zinc longitud 12mm	Ud.	16	0.039€	0.624€
Tuercas métrica 5 avellanada de zinc	Ud.	16	0.039€	0.624€
			Total	13.058€
Capitulo 2: Construcción Electrónica/Eléctrica				
Amplificador operacional TL082	Ud.	5	0.66€	3.3€
Clema KRM2 CI recta de 5.08mm miniatura (SPB)	Ud.	11	0.198€	2.178€
Condensador cerámico de 750pF y hasta 63v	Ud.	1	0.03€	0.06€
Condensador cerámico de 1nF y hasta 63v	Ud.	2	0.03€	0.06€
Condensador cerámico de 8nF y hasta 63v	Ud.	1	0.03€	0.06€
Fuente de alimentación de tensión continua a 12v y potencia de 25 a 150w	Ud.	2	34.23€	68.45€
Potenciómetro multivuelatas de 0.5w y 10k	Ud.	3	1.25€	3.75€
Potenciómetro multivuelatas de 0.5w y 10k	Ud.	1	2€	2€
Resistencia de película de carbón de 0.25 W de 10kΩ	Ud.	4	0.018€	0.072€
Resistencia de película de carbón de 0.25 W de 3.3kΩ	Ud.	2	0.018€	0.036€
Resistencia de película de carbón de 0.25 W de 1kΩ	Ud.	2	0.018€	0.036€
Resistencia de película de carbón de 0.25 W de 3.9kΩ	Ud.	1	0.018€	0.018€
Resistencia de película de carbón de 0.25 W de 1.3kΩ	Ud.	1	0.018€	0.018€
Resistencia de película de carbón de 0.25 W de 47kΩ	Ud.	2	0.018€	0.036€
Resistencia de película de	Ud.	2	0.018€	0.036€

**DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)**

carbón de 0.25 W de 300kΩ				
Resistencia de película de carbón de 0.25 W de 12kΩ	Ud.	1	0.018€	0.018€
Resistencia de película de carbón de 0.25 W de 5.1kΩ	Ud.	2	0.018€	0.036€
Starter Kit Adapter de silicon laboratories. Toolsticks, Kit adaptador, base y C8051F330	Ud.	1	29.23€	29.23€
Tarjeta RFID 125 kHz.	Ud.	10	0.5€	5€
Zócalo 8 pin Torneado (SPB)	Ud.	5	0.1248€	0.624€
			Total	115.028€

Capítulo	Precio Total
Capítulo 1	12.06€
Capítulo 2	115.03€
Total	127.09€

5.2 Coste de personal

Para estimar los costes de personal se ha tomado como referencia los costes por hora de trabajadores adscritos a un trabajo en la Universidad Carlos III. A continuación se muestran estos costes en función de la categoría:

Ingeniero Electrónico Industrial y Automático.....25€/h

Secretario15€/h

Las cargas sobre los salarios son las siguientes:

Seguridad Social.....27%

Desempleo.....1,55%

Formación Profesional.....0,1%

Total.....28,65%

**DESARROLLO DE UNA AYUDA TÉCNICA PARA ALUMNOS DEL COLEGIO SAN RAFAEL (5):
CUENTACUENTOS INTERACTIVO (I)**

Tarea	Coste/hora	Horas	Total
Diseño e implementación	32.17€/hora	600	19300€
Documentación	19.30€/hora	60	1158€
Total			20458€

El presupuesto total de este trabajo asciende a la cantidad de 20585.09 € VEINTE MIL QUINIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS CON NUEVE CENTIMOS.

Leganés a 29 de Agosto de 2012

El ingeniero proyectista

Fdo. Gonzalo Guzmán Martín Martín

Capítulo 6. Glosario

FSK	<i>Frequency Shift Keying</i>
ASK	<i>Amplitude Shift Keying</i>
MFB	<i>Multi Feed-Back</i>
RFID	<i>Radio Frequency IDentification</i>
EMC	Electromagnetic Compatibility
PCB	Printed Circuit Board
CAD	Computer-Aided Design

Capítulo 7. Referencias

- [1]Texas Instrument, Chapter 16 Active Filter Design Techniques
<http://www.ti.com/lit/ml/sloa088/sloa088.pdf>.
- [2]EM4100 datasheet <http://www.sl.com.cn/down/handbook/sllg/EM4100DS.pdf>
- [3]Dominique Paret, "RFID and Contactctless Smart Card Applications", Wiley, 2005.
- [4]Klaus Finkenzeller, RFID Handbook Fundamentals and Aplications in Contactless Smart Cards and Identification, Wiley, 2003.
- [5]Luis Javier Martínez Belotto, "Desarrollo de una ayuda técnica para alumnos del colegio San Rafael (5): Cuentacuentos Interactivo", 2012.
- Walter G. Jung, Analog Devices Op Amp Applications,
http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/39-05/op_amp_applications_handbook.html
- M. H. Rashid, Circuitos microelectrónicos: análisis y diseño,Thomson, 2002.
- Paul R. Gray, Paul J. Hurst, Stephen H. Lewis, Robert G. Meyer, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, John Wiley & Sons, 2001.

Anexo 1. Programación Piezas Interactivas.

En este anexo se incluye el código utilizado para generar las piezas interactivas y que será utilizado para su impresión.

Pieza Interactiva 1

```
difference()
{
    union()
    {
        translate([-10,0,0])
        cube([90,70,8]);
        cylinder(h = 8, r=10);
        translate([70,0,0])
        cylinder(h = 8, r=10);
        translate([0,70,0])
        cylinder(h = 8, r=10);
        translate([70,70,0])
        cylinder(h = 8, r=10);
        translate([0,-10,0])
        cube([70,10,8]);
        translate([0,70,0])
        cube([70,10,8]);
    }
    translate([-5,-5,2.5])
    cube([80,80,7]);
}
```

PiezaInteractiva2

```
difference()
{
    union()
    {
        translate([-10,0,0])
        cube([90,70,8]);
        cylinder(h = 8, r=10);
        translate([70,0,0])
        cylinder(h = 8, r=10);
        translate([0,70,0])
        cylinder(h = 8, r=10);
        translate([70,70,0])
        cylinder(h = 8, r=10);
        translate([0,-10,0])
        cube([70,10,8]);
        translate([0,70,0])
        cube([70,10,8]);
    }
}
```

```
    }  
    translate([-5,-5,1])  
    cube([80,80,7]);  
    translate([15,-10,1])  
    cube([40,5,7]);  
    translate([15,75,1])  
    cube([40,5,7]);  
    translate([-10,15,1])  
    cube([5,40,7]);  
    translate([75,15,1])  
    cube([5,40,7]);  
}
```

Pieza Interactiva 3

```
union()  
{  
    translate([-10,0,0])  
    cube([90,70,2]);  
    cylinder(h = 2, r=10);  
    translate([70,0,0])  
    cylinder(h = 2, r=10);  
    translate([0,70,0])  
    cylinder(h = 2, r=10);  
    translate([70,70,0])  
    cylinder(h = 2, r=10);  
    translate([0,-10,0])  
    cube([70,10,2]);  
    translate([0,70,0])  
    cube([70,10,2]);  
    translate([-7,-7,2])  
    cube([10,10,20]);  
}
```

Base

```
difference()  
{  
    union()  
    {  
        translate([-10,0,0])  
        cube([90,70,3]);  
        cylinder(h = 3, r=10);  
        translate([70,0,0])  
        cylinder(h = 3, r=10);  
        translate([0,70,0])  
        cylinder(h = 3, r=10);  
        translate([70,70,0])  
        cylinder(h = 3, r=10);  
        translate([0,-10,0])  
        cube([70,10,3]);  
        translate([0,70,0])  
        cube([70,10,3]);  
    }  
    translate([-8.5,7.4,1])  
}
```

```
    cube([87,57,2]);  
}
```

Pomo Prisma

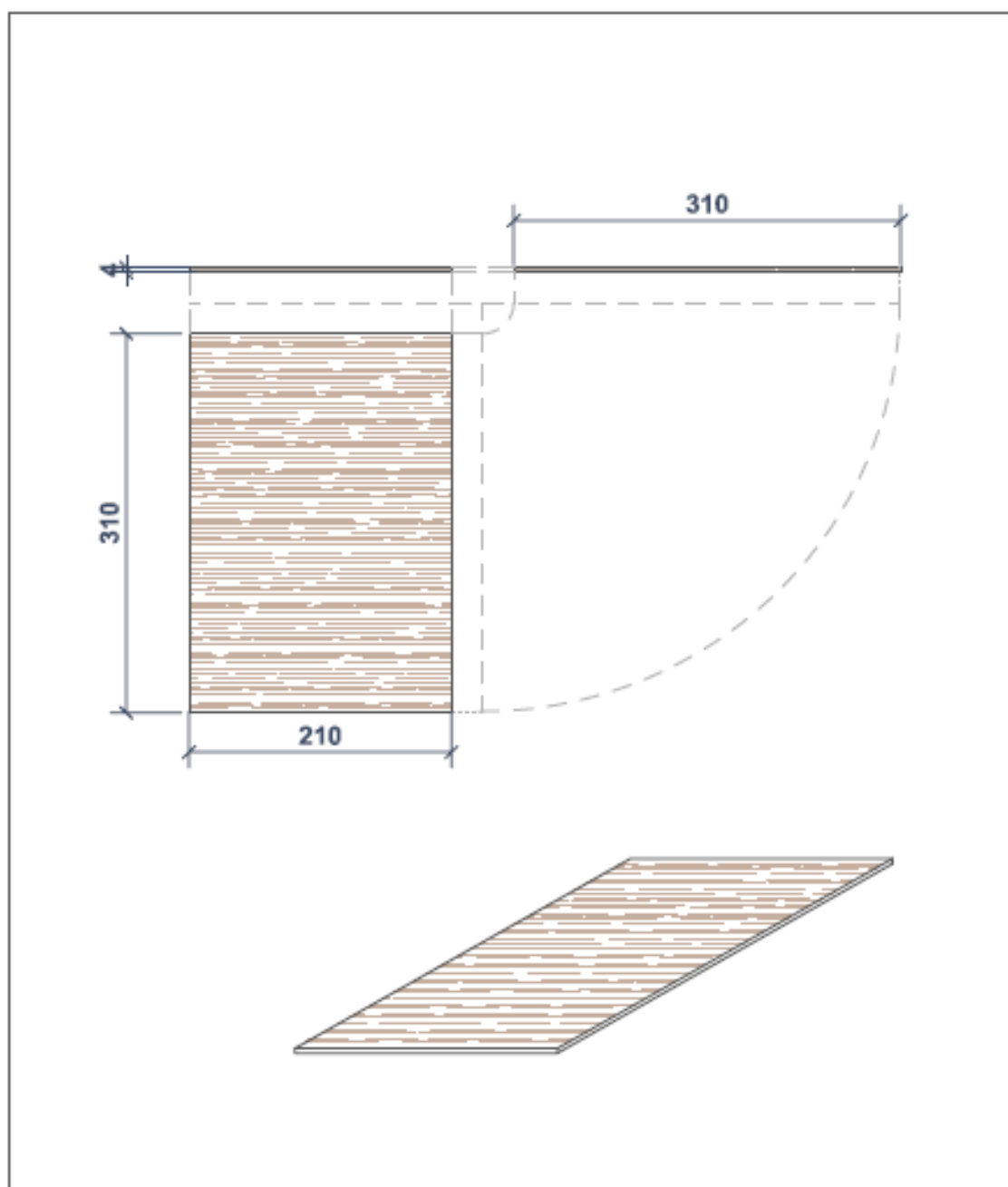
```
difference()  
{  
    union()  
    {  
        cube ([10,10,10]);  
        cylinder(h = 10, r=10);  
        translate([5,0,0])  
        cylinder(h =10, r=10);  
        translate([5,5,0])  
        cylinder(h = 10, r=10);  
        translate([0,5,0])  
        cylinder(h = 10, r=10);  
        translate([0,-10,0])  
        cube([5,10,10]);  
        translate ([-10,0,0])  
        cube ([5,5,10]);  
        translate ([0,-5,0])  
        cube ([5,20,10]);  
        translate ([5,0,0])  
        cube ([10,5,10]);  
    }  
    translate ([-3,-3,5])color([0,1,0]) cube([10,10,10]);  
}
```

Pomo Semiesfera

```
difference()  
{  
    sphere (r=10);  
    translate ([-10,-10,-10])color([0,1,0]) cube([20,20,10]);  
    translate ([-5,-5,0]) color ([1,0,0]) cube ([10,10,5]);  
}
```

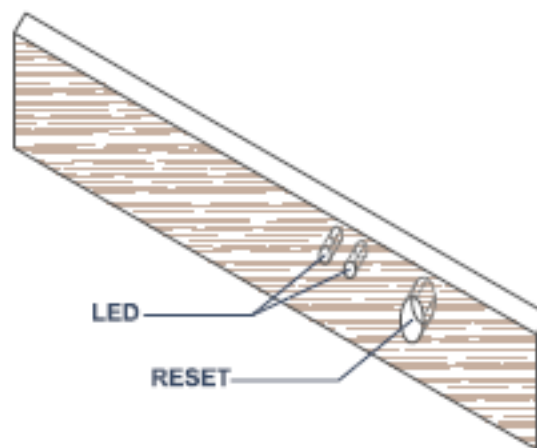
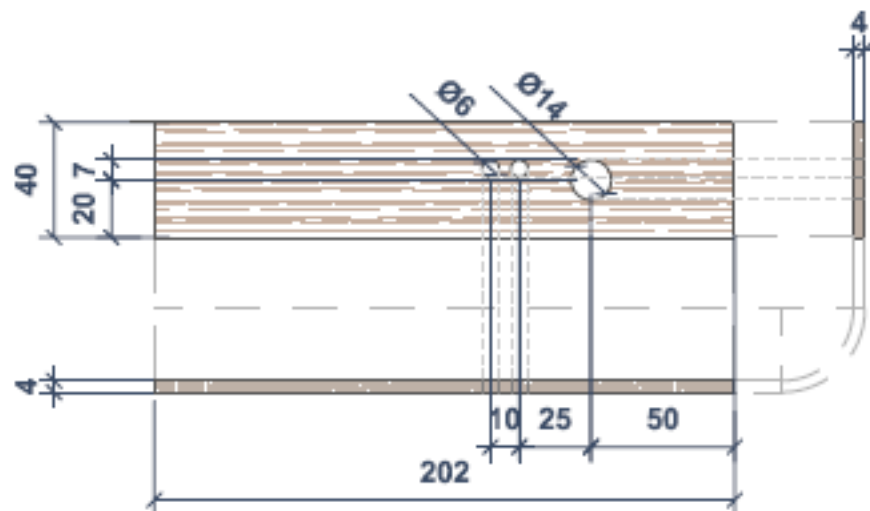

Anexo 2. Despiece de la caja del lector

Base



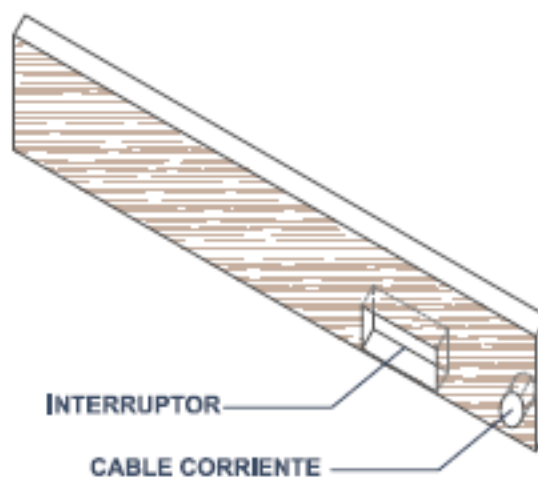
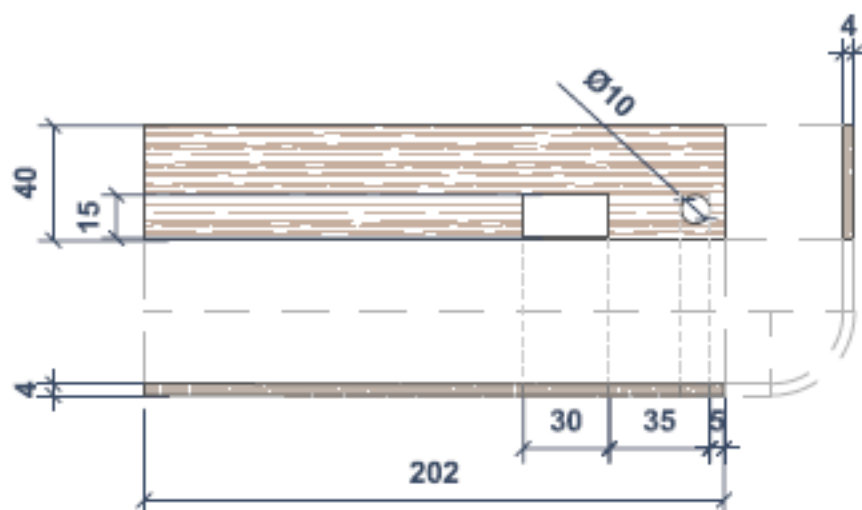
	Fecha	Título	
Dibujado	28/01/2012	Pieza 1 - Base - Contrachapdo	
Comprobado		Plano	Rev.
Autor	Gonzalo Guzman Martín	Escala	1/4
			Hoja 1 de 8

Lateral Izquierdo



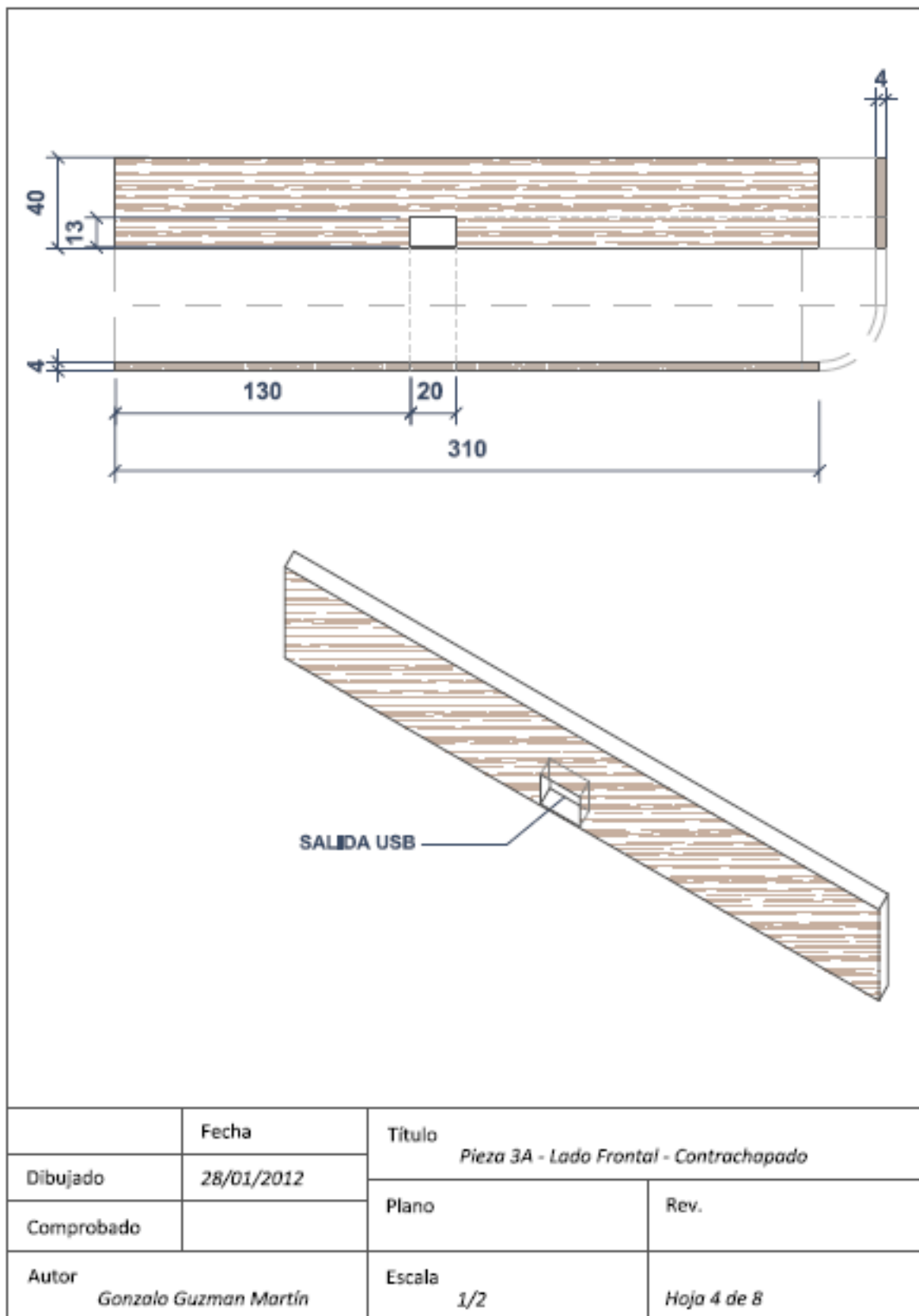
	Fecha	Título	
Dibujado	28/01/2012	Pieza 2A - Lateral Izquierdo - Contrachapado	
Comprobado		Plano	Rev.
Autor	Gonzalo Guzman Martín	Escala	Hoja 2 de 8
		1/2	

Lateral Derecho

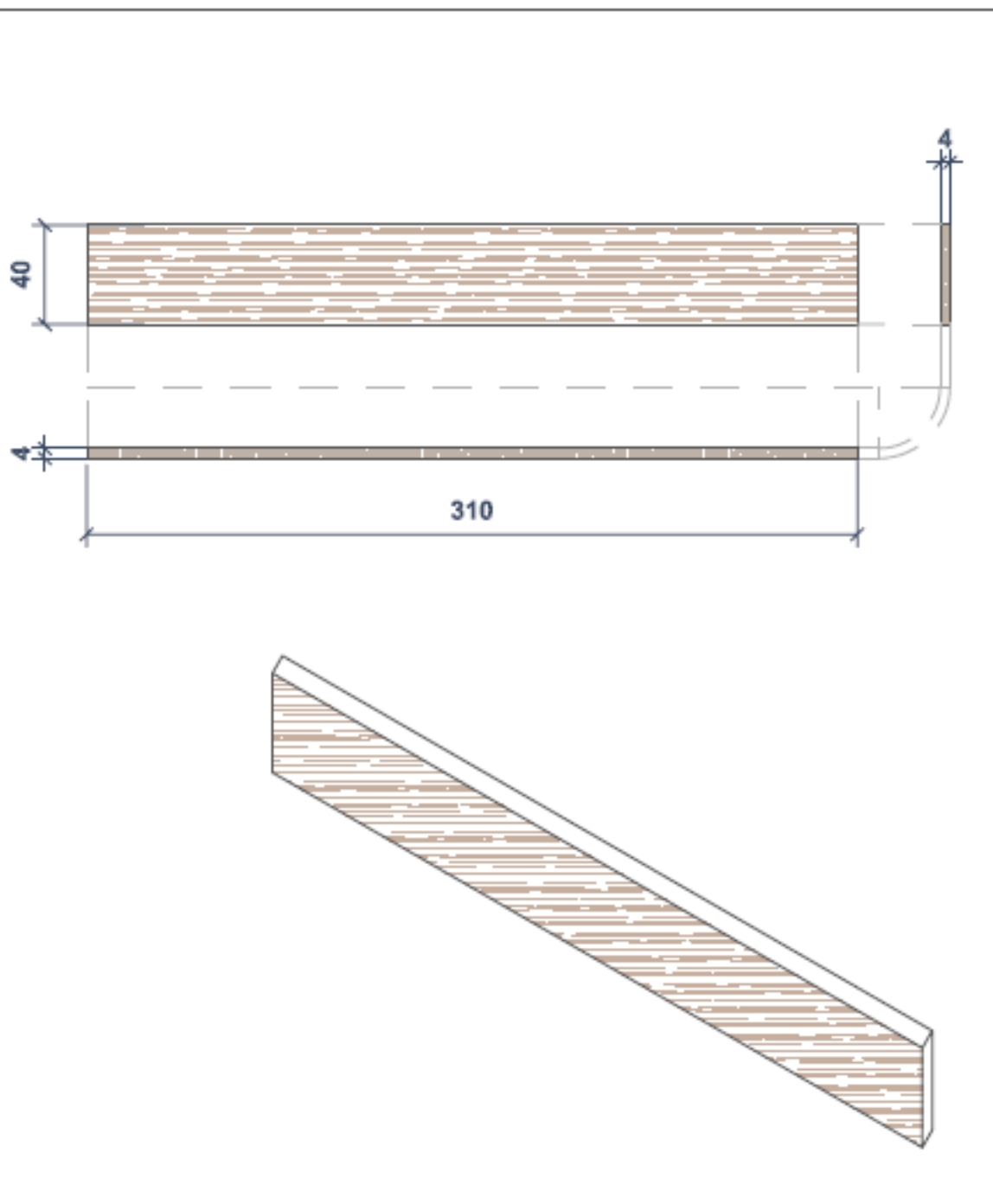


	Fecha	Título	
Dibujado	28/01/2012	Pieza 2B - Lateral Derecho - Contrachapado	
Comprobado		Plano	Rev.
Autor	Gonzalo Guzman Martín	Escala	Hoja 3 de 8
		1/2	

Lado Frontal

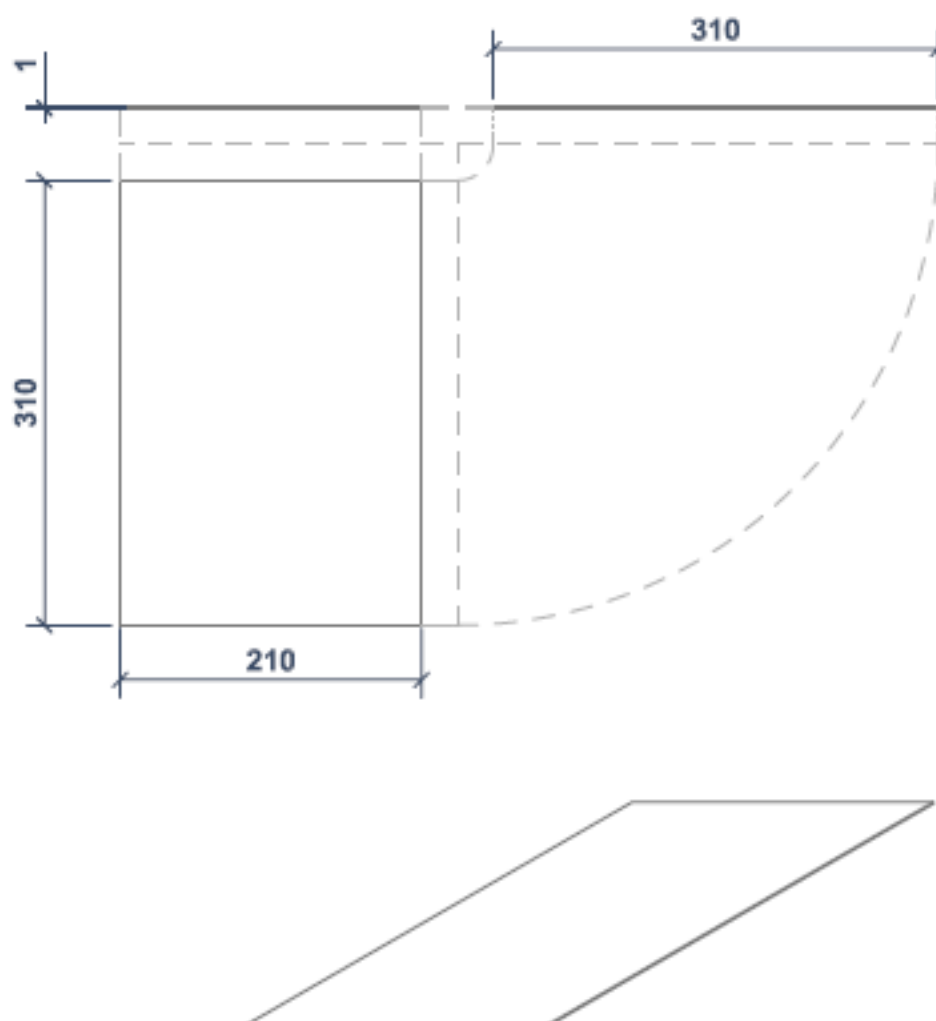


Lado Posterior



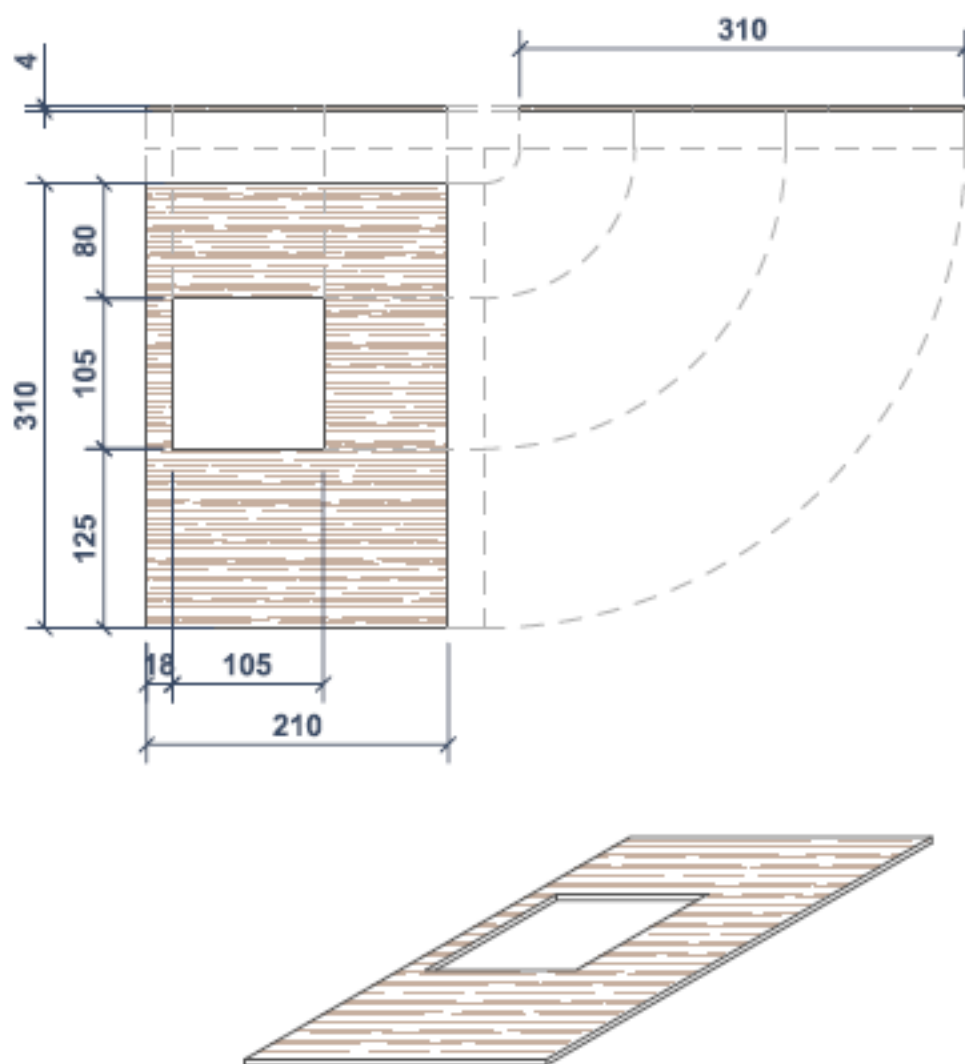
	Fecha	Título	
Dibujado	28/01/2012	Pieza 3B - Lado Posterior - Contrachapado	
Comprobado		Plano	Rev.
Autor	Gonzalo Guzman Martín	Escala	1/2
			Hoja 5 de 8

Cubreantena



	Fecha	Título	
Dibujado	28/01/2012	Pieza 4 - Cubreantena - Plástico	
Comprobado		Plano	Rev.
Autor	Gonzalo Guzman Martín	Escala	1/4
			Hoja 6 de 8

Tapa



	Fecha	Título	
Dibujado	28/01/2012	Pieza 5 - Tapa - Contrachapado	
Comprobado		Plano	Rev.
Autor	Gonzalo Guzman Martín	Escala	1/4
			Hoja 7 de 8

Volumétrica explotada

